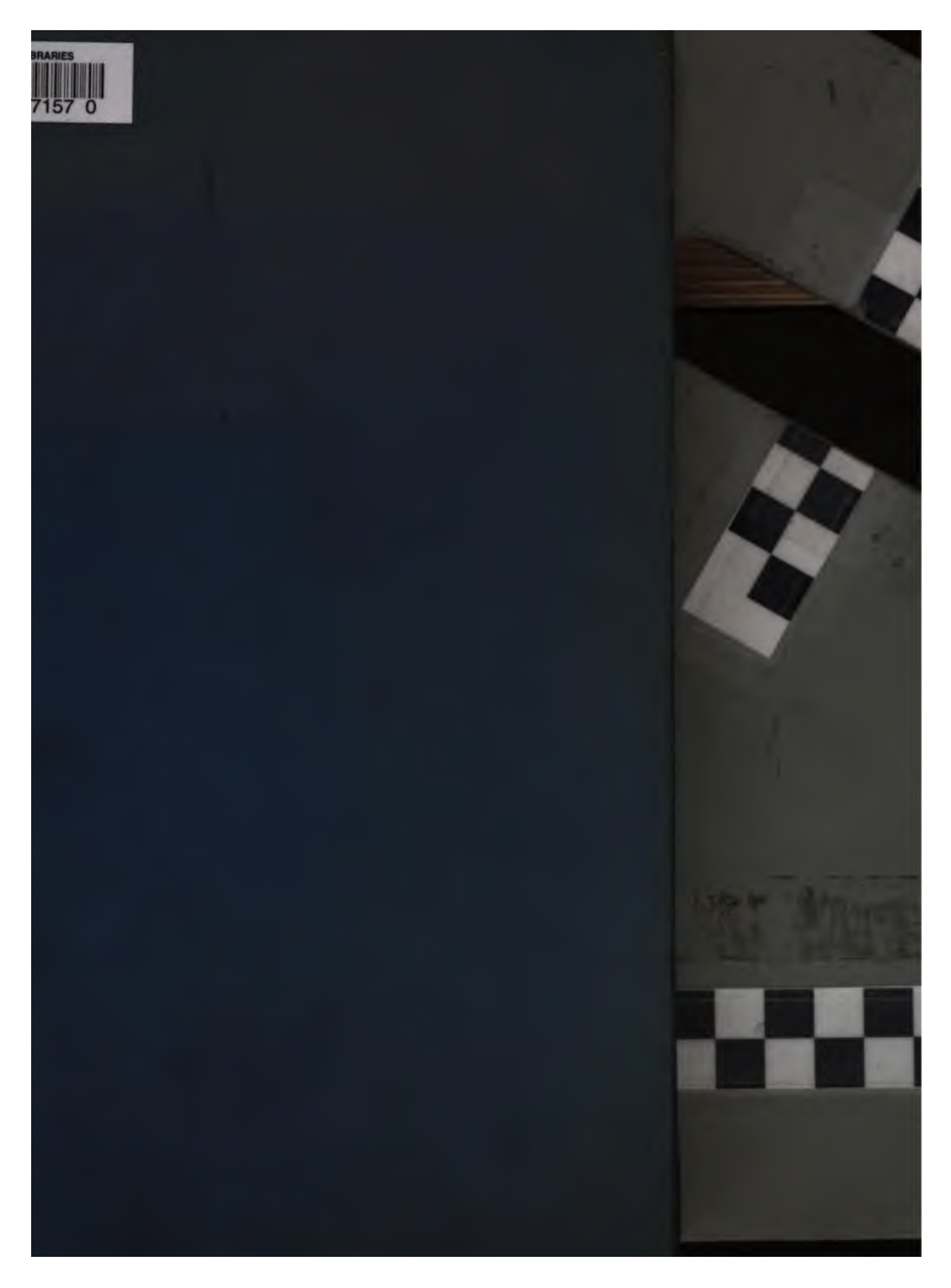
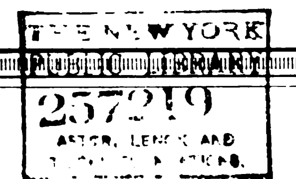

BRARIES
7157 0





VORLESUNGEN

ÜBER

MECHANISCHE TECHNOLOGIE

DER METALLE, DES HOLZES, DER STEINE UND ANDERER FORMBARER MATERIALIEN

VON

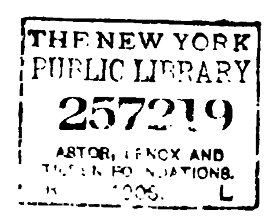
FRIEDRICH KICK
K. K. REGIERUNGSRATH UND PROFESSOR AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN WIEN.

MIT VIELEN ABBILDUNGEN.

I. HEFT.

LEIPZIG UND WIEN.
FRANZ DEUTICKE.
1897.

Verlags-Nr. 552.



Verlags-Nr. 552.

K. u. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme in Wien.

Vorwort.

Das vorliegende Werk gibt ungefähr den Inhalt dessen wieder, was ich in meinen Vorlesungen an der Technischen Hochschule über mechanische Technologie der Metalle, des Holzes, der Steine und anderer formbarer Materialien auszuführen pflege. Es verdankt seine Entstehung zunächst dem Wunsche, meinen Zuhörern die mechanische, dem verständnissvollen Hören hinderliche Arbeit des Nachschreibens zu ersparen, zugleich aber auch weiteren Kreisen höherer technischer Vorbildung ein Buch zu bieten, welches in die mechanische Technologie einführt. Da meine Vorlesungen etwas von Jahr zu Jahr Wechselndes sind und bald dieser, bald jener Abschnitt mit grösserer Ausführlichkeit behandelt wird, so kann dieses Werk keine getreue Wiedergabe sein, aber es wird dem Studierenden das Wesentlichste bieten.

Es mag manches zu kurz behandelt und weiterer Erklärungen bedürftig erscheinen; doch ist zu bedenken, dass die richtige Vorstellung technologischer Processe niemals aus Büchern allein, sondern nur in Verbindung mit aufmerksamer Beobachtung der Arbeitsvorgänge, wie sie die Praxis bietet, gewonnen werden kann. Deshalb bildet der mit den Vorlesungen im engen Zusammenhange stehende Besuch industrieller Etablissements die erforderliche Ergänzung, und eine solche muss sich jeder zu verschaffen suchen, welcher Technologie studieren will. Das Leben bietet hierzu vielfache Gelegenheit.

Das vorliegende Werk fusst natürlich theilweise auf Arbeiten, welche ihm vorhergingen, insbesondere ist der Einfluss Karmarsch's, Hartig's, Reuleaux's, Treska's und Reuter's (meines Lehrers) ein massgebender, doch geht es in manchen Theilen seine eigenen Wege.

In der Einleitung sind die Principien der mechanischen Formänderung abgehandelt und die Materialien nach ihren charak-

teristischen Arbeitseigenschaften eingetheilt, hieran reiht sich die Besprechung der wichtigsten Rohmaterialen, der passiven Hilfsmittel, der Zerkleinerungs-Sortierungs- und Mengungsarbeiten und der mannigfachen Formänderungsverfahren. Die Zusammenfügungs- und Verschönerungsarbeiten bilden, dem Vorgange Karmarsch's folgend, den Schluss.

So wie die Einleitung, zum nicht geringen Theile auf selbständigen Untersuchungen fussend, als neu bezeichnet werden kann, so stellt sich auch die Behandlungsweise der Werkzeugmaschinen als wesentlich abweichend von dem sonst gebräuchlichen Vorgange dar, und der Fachmann wird den Einfluss Reuleaux'scher Anregungen leicht erkennen. Das nicht ganz leichte Gebiet der Werkzeugmaschinen wird so leichter fasslich und weit übersichtlicher.

Das Buch bezweckt nebenbei, den Leser mit der reichen technologischen Literatur bekannt zu machen, und dient diesem Zwecke auch der dritte Theil des Anhanges, in welch letzterem auch einige andere mit der mechanischen Technologie in naher Beziehung stehende Fragen ihre Behandlung finden.

Möge dieses Werk, seinen Zweck erfüllend, freundlicher Aufnahme sich erfreuen und kleine Mängel, welche nicht ihre Berichtigung fanden, entschuldigt werden.

Wien, im Juli 1898.

Friedrich Kick.

Uebersicht des Inhaltes.

Seite

III. Theil.



I. Theil.

Mechanisch-technologische Grundbegriffe.

Die mechanische Technologie ist die Wissenschaft der mechanischen und bleibenden Formänderungen der Materialien. Als solche bildet sie eine der wichtigsten Grundlagen für die technische Gewerbslehre.

Alle mechanischen Gewerbe und Industrien, d. h. alle jene, welche ihre Producte durch Anwendung mechanischer Mittel herstellen, finden eine ihrer wesentlichsten technischen Grundlagen in der mechanischen Technologie, denn diese ist es, welche, fussend auf den Arbeitseigenschaften der verschiedenen Materialien, die Wirkungsweise der mannigfachen, zur Formänderung geeigneten Hilfsmittel — Werkzeuge, Arbeitsmaschinen — untersucht und klarlegt, und die Verfahrungsweisen oder Fabricationsmethoden betrachtet. Diese Wissenschaft kann man auch allgemeine mechanische Technologie nennen, zum Unterschiede von der speciellen mechanischen Technologie, welche sich entweder nur mit einem bestimmten Rohmaterial und seiner Verarbeitung, z. B. dem Getreide (Müllerei), dem Thone (Töpferei), beschäftigt, oder mit der Herstellung bestimmter Fabricate, z. B. die Schrotfabrication, Glockengiesserei, Gewehrfabrication, Bronze- oder Metallfarbenfabrication, Schriftgiesserei, Papierfabrication etc., oder mit jenem oft mannigfachen Gemenge mechanisch-technologischen Wissens, welche der Name eines Handwerkes oder einer Industrie birgt, z. B. Schlosserei, Tischlerei, Spinnerei, Weberei u. s. w. — Die Namen aller speciellen mechanisch-technologischen Gebiete, welche selbständige Bearbeitungen fanden, würden Seiten füllen.

Vom Speciellen schreitet man zum Allgemeinen. Dies ist der Weg, welchen jede auf Realem fussende Wissenschaft geht, daher

auch die Technologie ging, und es kann demnach nicht überraschen, dass dieselbe ursprünglich aus der Aneinanderreihung der Arbeitsvorgänge mehrerer Gewerbe bestand.

Bei diesem Vorgange musste auffallen, dass sich viele Gewerbe ab und zu derselben Hilfsmittel, z. B. des Hammers, des Messers, der Feile u. s. w. bedienen, und dies führte den im gewerblichen Leben wohl bewanderten Altmütter zu seiner Werkzeuglehre, einem Werke, welches die meist gebrauchten Werkzeuge beschreibend behandelte, ohne jedoch ihre mechanische Wirkung auf die verschiedenen charakteristischen Materialgruppen näher zu erörtern.

Einen bedeutenden Schritt nach vor machte Karl Karmarsch durch sein berühmtes Lehrbuch der mechanischen Technologie. Der erste Band behandelte die mechanische Technologie der Metalle und des Holzes, der zweite die Spinnerei, Weberei, Papierfabrication und die Thon- und Glaswaaren-Industrie. Im ersten Bande wurden die Metalle in kurzer Beziehung zu ihrer Gewinnung und unter Hervorhebung ihrer technisch wichtigsten Eigenschaften besprochen; sonach die Herstellung roher Formen (Giessen, Schmieden, Walzen) und hierauf jene Arbeitsprocesse, welche, wie Drehen, Hobeln, Bohren, Fräsen, Schleifen etc. zur weiteren Formgebung der Gebrauchsgegenstände, sodann jene Arbeiten, welche zur Zusammenfügung und endlich zur Vollendung oder Verschönerung dienen. Der gleiche Vorgang wurde bezüglich des Holzes beobachtet. So war ein System in das reiche Material gebracht, ein System, welches zur leitenden Idee die natürliche Arbeitsfolge hatte und eine erstaunliche Menge einzelner empirischer Erfahrungen zu einem übersichtlichen Ganzen vereinigte. Der verwandte Gedankengang lag auch dem zweiten Bande zugrunde, welcher zunächst die Spinnerei und Weberei im allgemeinen, hierauf aber das Spinnen und Weben der besonderen Rohfasern, Baumwolle, Flachs, Schafwolle, Seide behandelte. Die Papierfabrication, Glas- und Thonwaaren-Industrie waren als specielle technologische Zweige angereiht.

Das System Karmarsch's war kein streng wissenschaftliches, indem es den mechanischen Vorgängen bei der Formänderung nicht nachging und dieselben nicht aufhellte, und insoferne auch lückenhaft, als es zahlreiche Rohmaterialien nicht in den Kreis seiner Betrachtung zog; aber es diente dem vorherrschenden Bedarfe des Technikers in ausgezeichneter Weise, weil es zahllose empirische Erfahrungen übersichtlich verband.

In ganz anderer Weise wirkte Treska befruchtend auf das technologische Erkennen. Er war es, welcher zuerst nachwies, dass

die Bewegung der Massentheilchen von Flüssigkeiten, welche aus Gefässöffnungen zum Ausflusse kommen, ganz ähnlich sei der Bewegung der Theilchen fester bildsamer Körper, wenn dieselben einem entsprechend hohen Kolbendrucke ausgesetzt werden. Mit Recht nannte er diese Erscheinung „éculement des corps solides",*) d. h. „den Fluss fester Körper". Treska erklärte hierdurch manche bisher missverstandene Erscheinung, und er war es zuerst, welcher das wissenschaftliche Experiment so recht eigentlich in die Technologie einführte; denn ihm handelte es sich hierbei um die Erkenntniss der inneren Vorgänge aus und durch das Experiment, während alle die unzähligen Experimente der gewerblichen Praxis nur die Bestimmung hatten, unmittelbaren gewerblichen Interessen zu dienen, daher erkenntniss-theoretisch geringwerthig waren und sind.

Die zahlreichen mechanisch-technologischen Aufgaben werden durch Werkzeuge zu lösen gesucht, ihre Zahl ist gross, ihre Formen mannigfach und es fällt oft schwer sich eine Vorstellung zu bilden, wie sie entstanden, d. h. erfunden sein konnten. Hier führt das von Ernst Hartig erkannte „Gesetz vom Gebrauchswechsel" oft zu leichtem Verständniss. Hartig zeigte, dass es instinctiv im Menschen liege, jedes Werkzeug versuchsweise zu den verschiedenen Zwecken und an verschiedenen Materialien zu benützen und es in seiner Form, entsprechend den gemachten Erfahrungen, dem Einzelzwecke mehr und mehr anzupassen, wodurch sich aus wenigen Grundformen die Vielheit abgeleiteter Werkzeuge entwickelt. Hoch beachtenswerth sind auch Hartig's Definitionen, insbesondere seine Anleitung zur Formulierung der Patentansprüche.

Als Nachfolger Treska's kann Kick bezeichnet werden. Er fand, dass die Arbeitsgrössen zu gleichartiger Formänderung geometrisch ähnlicher Körper derselben materiellen Beschaffenheit sich verhalten wie die Gewichte oder Volumen dieser Körper, und nannte dieses Gesetz: „Gesetz der proportionalen Widerstände".**) Kick wies ferner experimentell nach, dass die von dem Geologen Albert Heim aufgestellte Behauptung,***) dass manche spröde Gesteine unter den bei Gebirgsbildung vorhandenen Bedingungen sich gleich bildsamen Massen deformierten, richtig sei; er bog Stängelchen spröder Materialien, drückte Steinsalzkrystalle und Marmorkugeln

*) Siehe Savants étrangers, Vol. XIII, p. 756, und Vol. XX, p. 169.

**) Kick, Das Gesetz der proportionalen Widerstände und seine Anwendung. Leipzig 1885.

***) Heim, Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung. Basel 1878.

ohne Bruch zu niedrigerer Endform, er prägte einige spröde Stoffe, und zwar all dies durch zusätzlichen, allseitigen Umschluss, beziehungsweise Druck. Dadurch war der principielle Unterschied zwischen spröde und bildsam in einen Unterschied dem Grade nach verwandelt. Auf seine Versuche über die sogenannte „Constanz der Dichte'' und die Behauptung „Härte ist Scherfestigkeit'' kommen wir später zurück.

Neuere Arbeiten in dieser Richtung, und zwar über das Walzen, über die Theorie der Bildung der Späne (Hobeln) und über das Lochen, werden an entsprechender Stelle besprochen; desgleichen solche Arbeiten über die Festigkeit der Materialien, welche sich auf bleibende Formänderungen erstrecken.

All diese Arbeiten sind nur die Anfänge zu einer Mechanik der Formänderungen, zu einer wissenschaftlichen Technologie, aber immerhin dürften sie den Versuch rechtfertigen, schon jetzt die Behandlung des Stoffes in eine Form zu bringen, welche sich nur insoweit an den Lehrgang Karmarsch's anlehnt, als dies einerseits durch das praktische Bedürfniss des Technikers geboten erscheint, andererseits durch den Mangel hinreichender Erkenntniss sich ergibt; denn dort, wo die naturwissenschaftliche Erforschung lückenhaft ist, muss die empirische Kenntniss herhalten, die Lücken nach Möglichkeit zu füllen.

Alle Materialien, welche die Natur dem Menschen darbietet: Steine, Holz, Geweihe, Muscheln, Haare etc. und zahlreiche Materialien, welche der Mensch auf künstlichem Wege abscheidet oder bereitet, wie Metalle, Kautschuk, Glas u. a., unterliegen zum Zwecke der Herstellung von Gegenständen des Gebrauches der Formänderung. Fast jedes Material hat besondere Eigenschaften, auf welche bei der Verarbeitung sowohl bezüglich der anwendbaren Arbeitsverfahren, als auch der Wahl der Werkzeuge Rücksicht genommen werden muss, aber doch lassen sich dieselben in Gruppen bringen, derart, dass die Glieder jeder Gruppe entweder die gleichen, oder doch nahe verwandte Arbeitsverfahren und Werkzeuge zu ihrer Formänderung erheischen.

Wir theilen die Materialien nach hervorragenden Arbeitseigenschaften ein: in giessbare, bildsame, spröde, spaltbare, schneidbare und spinnbare.

Unter Giessbarkeit ist jene Eigenschaft verstanden, vermöge welcher das in seiner Form zu verändernde Material, sei es durch Erhitzung (Schmelzen) oder auf anderem Wege, vorübergehend in einen flüssigen Zustand versetzt werden kann, in welchem Zustande es sich in Hohlräume („Formen'') giessen

lässt, in welchen es aus dem flüssigen wieder in den festen Zustand übergeht, die Gestalt des Hohlraumes annehmend und beibehaltend.

Bildsamkeit (Plasticität) bezeichnet jene Eigenschaft, welche eine bleibende Formveränderung durch Verschiebung der Massentheilchen aneinander, hervorgerufen durch entsprechenden Druck, ohne Bruch gestattet. Die Bildsamkeit ist dem Grade nach sehr verschieden; je leichter bei dem Verschieben der Massentheilchen Sprünge oder Risse auftreten, je geringer die Bildsamkeit ist, um so sperer, spröder wird das Material genannt. Je schwieriger Risse auftreten, um so bildsamer, zäher ist das Material. Die aufzuwendende Arbeit für eine bestimmte, durch Verschiebung der Massentheilchen erzielte Formänderung ist je nach dem Material sehr verschieden.

Sind die erforderlichen Kräfte so gering, dass der zwischen den Fingern erzielbare Druck hinreicht, so bezeichnet man das Material als knetbar, sind dieselben so gross, dass man zur Formänderung sich mit Vortheil des Hammers bedient, so heissen solche Materialien hämmerbar.

Eine ganze Reihe von Formänderungsarbeiten, z. B. das Walzen, Prägen, Stanzen, Pressen, Ziehen, setzen Bildsamkeit des Materials voraus, um mit Erfolg angewendet werden zu können.

Spröde Materialien sind jene, welche unter gewöhnlichen Verhältnissen eher zerbrechen, als dass sie bleibende Verschiebungen ihrer Massentheilchen aneinander zulassen. Die Formänderung spröder Materialien kann stets durch Abtrennen kleiner Theilchen, durch das Schleifen erfolgen. Alle spröden Materialien sind schleifbar.

Unter Spaltbarkeit versteht man jene Eigenschaft, welche eine Theilung durch entsprechend angewendete Keilwirkung nach einer Fläche, meist Ebene, zulässt, welche man die Spaltfläche nennt. Hierbei erfolgt die Theilung so, dass sie sich weit über die unmittelbare Einwirkung des Werkzeuges hinaus in der Spaltrichtung erstreckt. Für Theilungsarbeiten ist die Spaltbarkeit wichtig.

Unter Schneidbarkeit ist jene Eigenschaft zu verstehen, welche die Abtrennung von Theilen durch die Anwendung des Messers leicht gestattet.

Die Spinnbarkeit ist jene Eigenschaft faseriger Materialien (Fasern), welche gestattet, aus denselben durch entsprechendes schraubenförmiges Zusammendrehen einen beliebig langen Faden (Garn) zu bilden. Im Sinne der Bildung eines langen Fadens spricht man wohl auch vom Spinnen des Glases, doch ist diese

Fadenbildung kein Spinnen, sondern ein Ausziehen (Abziehen) eines Fadens vom glühenden Ende des Glasstäbchens.

I. Giessbare Materialien.

Zu den giessbaren Materialien gehören:

a) Schmelzbare:

1. Metalle und Legierungen: Stahl, Gusseisen, Tombak, Messing, Bronze, Argentan, Zink, Blei, Zinn, Platin, Gold, Silber, Aluminium u. dgl.
2. Silicate: Glas, Email.
3. Viele Harze und Fette: z. B. Stearin, Wachs, Seife.

b) In flüssigen (dickflüssigen) Brei durch Wasserzusatz verwandelte:

1. Erhärtender Brei: Gyps, Tripolith, Cement.
2. Durch Wasserentziehung in Gypsformen eine feste Schicht bildend: Porzellanmasse.

II. Bildsame Materialien.

a) Bei geringem Druck bildsam; weiche oder knetbare Materialien (leicht im Formen pressbar):

1. Durch eine Flüssigkeit erweicht: Thon, Porzellanmasse, Mehlteig, Graphitteig, Farbepasten, Glaserkitt, Seife.
2. Durch Erwärmung erweicht: Viele Harze, Wachs, Guttapercha (60 bis 70° C.), Kautschuk (90° C.), Celluloid (Zellhorn), Bernstein (nur biegsam), Glas (glühend).
3. Durch Schmelzen und darauf folgende theilweise Abkühlung erweicht: Zucker, Glas.

b) Bei hohem Druck bildsam:

1. Hämmerbar, walzbar, ziehbar und prägbar: Blei, Zinn, Zink (130° C.), Kupfer, Messing, Tombak, Argentan, Aluminium, Eisen (Fluss- und Schweisseisen), Stahl (weicher), Nickel, Gold, Silber, Platin.
2. Glühend hämmerbar (schmiedbar): Stahl, Eisen, Nickel, Platin, Kupfer, Gold, Silber, Messing (bestimmte Sorte).

III. Spröde Materialien.

a) Schleifbar: Steine, Hartguss, Glas.

b) Schleifbar und auch drehbar: Zink (kalt), Gusseisen, Knochenbein, Elfenbein.

IV. Spaltbare Materialien:

Holz, viele Steine, Leder, Schildpatt, Horn.

V. Schneidbare Materialien:

Kork, Holz, Leder, Fleisch.

VI. Spinnbare Materialien:

Baumwolle, Flachs, Hanf, Schafwolle, Seide etc.

Die giessbaren Materialien gestatten eine rasche Formgebung auch dann, wenn die zu erreichende Endform nichtsweniger als geometrisch einfach ist. Von der Giessbarkeit der Materialien wird in der Weise Gebrauch gemacht, dass man den giessbaren festen Körper zunächst in den flüssigen Zustand überführt, hierauf in Hohlräume entsprechender Gestalt, „die Formen", giesst, und ihn in denselben wieder in den festen Zustand übergehen lässt, wobei das giessbare Material die Gestalt der Hohlform annimmt. Die meisten giessbaren Körper werden durch Schmelzen flüssig gemacht und die wichtigsten sind die Metalle. Giessbarkeit verlangt, dass die Ueberführung des festen Materials in den zum Eingiessen in die Form hinreichend dünnflüssigen Zustand praktisch nicht zu schwierig durchführbar ist, sie verlangt die Benützung von Formen, welche den Einwirkungen des in dieselben gegossenen Materials wenigstens für einen Guss genügenden Widerstand zu leisten vermögen, und sie fordert, dass das Material beim Uebergange aus dem flüssigen in den festen Zustand unter guter Ausfüllung des Hohlraumes der Form zu einem zusammenhängenden, dichten Körper erhärte (z. B. Gyps), beziehungsweise erstarre (z. B. Zinn).

Sind diese Bedingungen erfüllbar, so besitzt ein Material die Giessbarkeit und kann durch deren Benützung die Herstellung auch complicierter Stücke verhältnissmässig rasch erzielt werden. Natürlich ist die Mühe und Zeit zur Herstellung der Gussform, wenn dieselbe nur einmalige Benützung zulässt, wie dies z. B. bei dem Eisen-, Bronze- und Messinggusse fast durchaus der Fall ist, mit zu den Arbeiten des eigentlichen Giessens zu rechnen.

Es gibt viele Gegenstände, wie z. B. die Mehrzahl der Ständer der Maschinen, welche in ihrer Eigenform nur durch Guss hergestellt werden können, und dadurch wird die Anwendung der Giessbarkeit für manche Zwecke zur Nothwendigkeit. Man macht aber von der Giessbarkeit auch in solchen Fällen oft Gebrauch, wo die Herstellung der gewünschten Form, beziehungsweise des verlangten Gegenstandes auch auf anderem Wege möglich ist; hier

entsteht die Frage, welches Herstellungsverfahren das zweckmässigere ist. In der Regel ist jenes Verfahren zu wählen, welches bei annähernd gleichem Gebrauchswerthe die geringeren Herstellungskosten verursacht, oder jenes, welches Gegenstände grösseren Gebrauchswerthes liefert. So lässt sich z. B. ein Leuchter ganz wohl aus Messing giessen, er kann aber auch aus Messingblech hergestellt werden. — Man wählt meist die zweite Erzeugungsmethode, weil man hierbei sowohl weniger Material, als auch geringeren Aufwandes für die Vollendungsarbeiten bedarf, das Fabricat daher viel billiger liefern kann. Noch weit auffälliger würde sich der Unterschied beider Methoden ergeben, wenn hierbei das Material Silber oder Gold, statt Messing in Frage käme. Gusseiserne Töpfe sind häufig in Gebrauch, solche aus Blech (gestanzt) haben aber wesentliche Vortheile (insbesondere geringeres Gewicht), und darum werden sie in Massen gleichfalls erzeugt, obwohl ihre Herstellungskosten etwas grössere sind.

Die aus giessbarem Material hergestellten Gussstücke sind grösstentheils als spröde Materialien zu betrachten, wohl geeignet, auf Druck beansprucht zu werden, minder geeignet, auch Inanspruchnahmen auf Biegung standzuhalten. Eine vortheilhafte Ausnahme macht hierin der im Maschinenbau mehr und mehr sich einführende Stahlguss.

Die giessbaren Materialien sind ihrer Natur nach so verschieden, dass auch die Verfahren und Mittel, sie flüssig zu machen, die zu beobachtenden Vorsichten, um dichte Güsse zu erzielen, sowie endlich die erforderlichen Eigenschaften der Form sehr verschiedene sind, und speciell im Abschnitte Giesserei besprochen werden.

Die bildsamen Materialien sind, dem Grade der Bildsamkeit nach, sehr verschieden. Manche, wie Thon- und Porzellanmasse (mit etwa 20% Wassergehalt), erwärmtes Wachs, Guttapercha bei 70° C. u. a. lassen sich unter dem Drucke der Finger oder Hände deformieren, und können als knetbare Materialien bezeichnet werden; andere bildsame Materialien bedürfen weit kräftigerer Einwirkung zur Verschiebung ihrer Massentheilchen, und weil das einfachste Werkzeug, um solche Verschiebungen zu erzielen, der Hammer ist, so bezeichnet man sie als hämmerbar. Mittel, welche annähernd ebenso intensiv einzuwirken vermögen, z. B. Walzen, Pressen, Prägewerke etc., können gleichfalls Verschiebungen der Massentheilchen dieser Körper bewirken, darum sind alle hämmerbaren Materialien auch walzbar, pressbar, prägbar etc.

Da sich bei den knetbaren Materialien die Massentheilchen besonders leicht verschieben lassen, so können dieselben durch verschiedene einfache Mittel in ihrer Form abgeändert werden. Man schlägt z. B. einen Klumpen Thon in ein Kästchen (die Ziegelform) und stösst dasselbe auf den Werktisch kräftig auf, streift den Ueber-

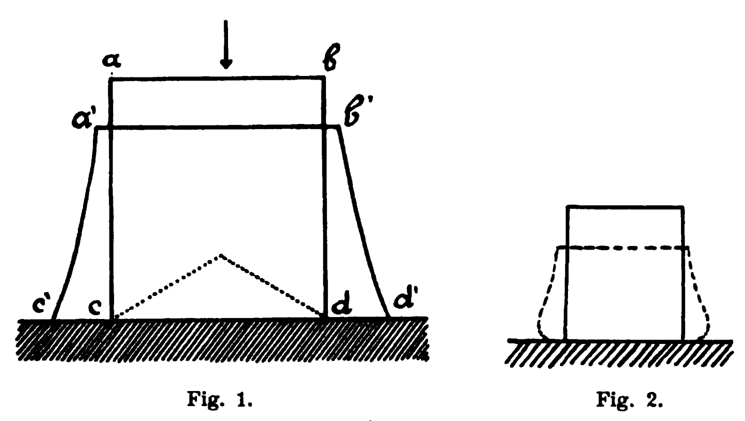


Fig. 1. Fig. 2.

schuss ab und der Ziegel ist geformt. Damit er sich leicht aus der Form bringen lässt, ist diese vorher mit Sand eingestreut.

Schleudert man einen Klumpen knetbaren Materials gegen eine feste Unterlage (Werktisch), so drückt er sich breit (Guttapercha verhält sich anders; s. unten). Die Massentheilchen kommen beim Stoss in sehr kurzer Zeit zur Ruhe, in dieser Zeit des Stosses

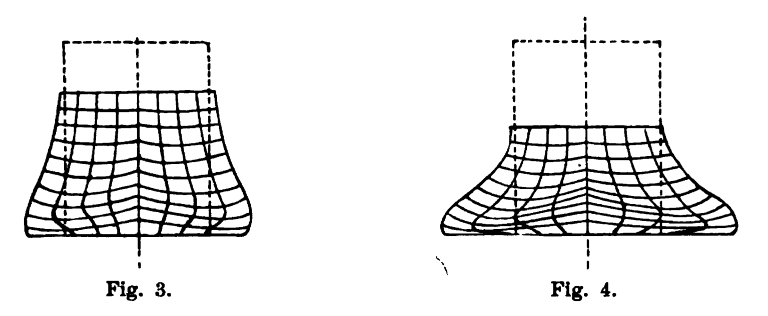


Fig. 3. Fig. 4.

streben sie aber in ihrer Bewegungsrichtung vor, und finden sich lufterfüllte Räume im Material, so schieben sich die Massentheilchen an diesen Blasenräumen vorbei, die Luftblasen ziehen sich zurück und es gelangt schliesslich die Luft aus der Masse hinaus. Hiervon wird beim sogenannten Schlagen (Werfen) des Thones und der Porzellanmasse ein sehr nützlicher Gebrauch gemacht, denn dadurch wird die Masse frei von Luftblasen, welche, darin verbleibend, beim späteren Brennen der daraus geformten Gegenstände zum Reissen

(Platzen) derselben Veranlassung geben würden. Das Indiebreitegehen der aufgestossenen knetbaren Masse kann man **Stauchen** nennen.

Stösst ein cylindrisches Stück knetbaren Materials in achsialer Richtung gegen eine feste, zur Bewegungsrichtung senkrechte Wand, so vollzieht sich eine Formveränderung, wie vorstehende Fig. 1 zeigt. Das Stück staucht sich aus der Grundform *abcd* in die Form *a' b' c' d'*. Der innere Vorgang ist nicht einfach. Bei dem Stosse des cylindrischen Stückes gegen die Wand bildet sich über *cd* ein Materialkegel, über welchen die nachfolgenden Theile abgleiten; und sowohl die Höhe dieses Kegels als der Grad der Bewegung der nachfolgenden Massentheilchen ist abhängig von der Geschwindigkeit und von dem Grade der Bildsamkeit. — Bei anderen Verhältnissen der Bildsamkeit und Zähigkeit entsteht statt der obigen Deformationsform, eine Gestalt, wie sie

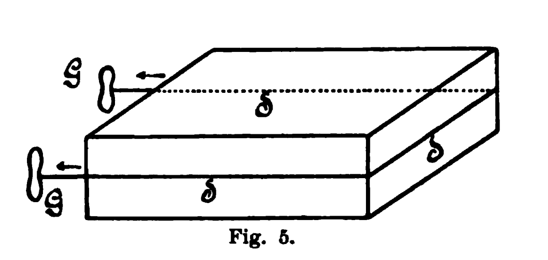


Fig. 5.

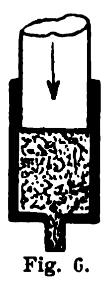

Fig. 6.

Fig. 2 zeigt. Principiell die gleichen Stauchungserscheinungen kann man auch bei den hämmerbaren Materialien beobachten. (Vgl. Schmieden.) Die Fig. 3 und 4 zeigen die Schichtenverschiebungen, welche sich bei geschichteter Porzellanmasse und bei zwei verschiedenen Geschwindigkeiten ergaben.

Die knetbaren Materialien lassen sich **mittelst Draht schneiden**. Der dabei beobachtete Vorgang, welcher bei Thon, Porzellanmasse, Seife u. a. Anwendung findet, ist durch Fig. 5 gekennzeichnet. *d* ist der Draht, *G* sind die Handgriffe, an welchen seine Enden befestigt sind.

Alle knetbaren Materialien, z. B. Thon, Mehlteig, Graphitpaste etc. lassen sich **aus Gefässöffnungen zum Ausfluss** bringen, wenn man die das Gefäss füllende knetbare Masse einem genügenden Stempeldrucke aussetzt, ja selbst weiche Metalle (Blei Zinn) gestatten dies noch in praktisch ganz wohl verwerthbarer Weise. Kupfer bildet die Grenze; diese Formveränderung ist hierbei noch möglich, aber kaum mehr rationell verwerthbar, falls bei

gewöhnlicher Temperatur gepresst wird. — Die äussere Anordnung kann sehr verschieden sein. Das Princip ist durch Fig. 6 gekennzeichnet.

Nach der Gestalt der Oeffnung bildet sich natürlich der Querschnitt des ausgepressten Stranges. Ist der Querschnitt rechteckig und von entsprechender Grösse, das Material Thon, so erhält man einen Thonstrang, welcher nur mit Draht quer durchschnitten zu werden braucht, um Ziegel zu liefern. Ist der Lochquerschnitt durch entsprechend angebrachten Kern als Ring gebildet, so kann man Thonröhren, Mehlteigröhren (Maccaroni), Bleiröhren etc. erhalten. Bei geringen Querschnitten der auszupressenden Stränge kann man in dem Gefässboden (oder darin eingepassten Modeln) mehrere Ausflussöffnungen anbringen und gleichzeitig mehrere Ausflussstränge erhalten. Dies ist z. B. der Fall bei der Herstellung der Graphitstifte, welche wir in unseren Bleistiften getrocknet wieder finden.

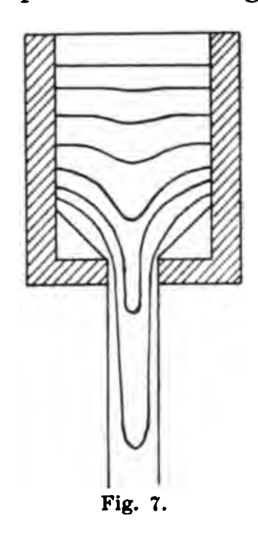


Fig. 7.

Bringt man unter den Ausflussöffnungen ein rotierendes Messer an, so bekommt man Scheibchen in Gestalt des Ausflussquerschnittes oder kurze prismatische oder cylindrische Stückchen. Ersteres ist bei gewissen Teigwaaren der Fall, welche als Ringelchen, Sternchen, Thierfiguren in den Handel kommen, letzteres bei unserem „rauchlosen" Pulver.

Die für verschiedene Materialien und Grössenverhältnisse erforderlichen Pressungen sind ausserordentlich verschieden und wechseln zwischen 4 und 10.000 Atmosphären, daher auch die Maschinen sehr verschiedene Constructionen aufweisen. — Interessant ist die bei diesem Vorgange stattfindende Materialbewegung. Dieselbe ist aus Fig. 7 in der Hauptsache ersichtlich.

Ein sehr wichtiges Mittel zur Formänderung einiger knetbarer Materialien ist die Töpferscheibe. An einer verticalen Achse, welche in Rotation versetzt werden kann, sitzt eine Scheibe (Arbeitsscheibe), auf welche ein Klumpen knetbaren Materials aufgesetzt und in Drehung gebracht wird. Aus dem rotierenden, weichen Material formt man durch Einwirkung der nassen Hände und verschiedener Werkzeuge die mannigfachsten Hohlformen. Auf diese Weise können alle knetbaren Massen behandelt werden, welche während der Dauer dieser Arbeit ihre knetbare Beschaffenheit beibehalten.

Ein sehr interessantes Material ist die Guttapercha. In Wasser von 70° C. wird sie bald vorzüglich knetbar und nimmt bei ruhigem Druck die zartesten Eindrücke an. Anders verhält sich Guttapercha gegen Stoss. Wirft man eine bei 70° C. erweichte Guttaperchakugel gegen eine feste Wand, so springt sie von derselben gleich einem Kautschukballe zurück. Der Grund dieser Erscheinung liegt in zahlreichen, in der knetbaren und zähen Masse enthaltenen Luftbläschen, welche bei Stössen elastisch reagieren, während sich bei ruhigem Druck die Luftbläschen im zähen Material verschieben und die dauernde Formänderung nicht hindern. Es liegt in diesem Material ein treffendes Beispiel vor, dass gewisse Arbeitseigenschaften (hier die Knetbarkeit) übereinstimmen können, in anderer Richtung aber sich doch ein wesentlich anderes mechanisches Verhalten zeigt. Durch das beim Thon zum Austreiben der Luftblasen verwendbare Schlagen (Werfen) würde aus Guttapercha die Luft nicht auszutreiben sein.

Die hämmerbaren Materialien sind, wie bereits früher bemerkt wurde, jene bildsamen Materialien, zu deren Formänderung Hammerarbeit verwendet werden kann. Mit dieser Eigenschaft fällt die Schmiedbarkeit nicht völlig zusammen, denn diese ist Hämmerbarkeit in der Glühhitze; und manche hämmerbare Materialien, z. B. Blei, Zinn, schmelzen schon lange vor beginnender Glühhitze, andere, z. B. weiche Bronze, gewöhnliches Messing, sind bei gewöhnlicher Temperatur besser hämmerbar als in der Glühhitze, Zink ist bei 120° bis 150° C. hämmerbar und walzbar, im kalten Zustande oder stark erhitzt ist es spröde.

Von besonderer und sprichwörtlicher Schmiedbarkeit ist das Eisen (das schmiedbare Eisen — Roheisen ist nicht schmiedbar) und braucht man etwa nur $^1/_6$ der mechanischen Arbeit, um eine gewisse Formänderung bei glühendem Eisen zu erzielen, als bei gewöhnlicher Temperatur nöthig wäre. Von der Hämmerbarkeit macht man bei manchen Materialien — z. B. Kupfer — selbst dann Gebrauch, wenn sie zugleich auch schmiedbar sind, weil sich viele Arbeiten an dem kalten Material besser durchführen lassen. Nur müssen die durch kalte Bearbeitung in das Material gebrachten Spannungen durch Ausglühen entfernt werden.

Es ist von wesentlichem Interesse, die Wirkung des Hammers näher zu betrachten. Trifft die ebene Endfläche (Bahn) eines Hammers auf ein dickes Werkstück eines hämmerbaren Materials, so treibt der Hammer die unter der Bahn desselben befindliche Materialmenge, welche sich kegelförmig (wie Fig. 8 zeigt) an der Hammerbahn (und an der Unterlage) aufbaut, in das übrige

Material ein. An diesen Materialconoiden fliesst das nebenbefindliche Material seitlich ab, in der Richtung des kleinsten Widerstandes. Ist die Hammerbahn schmäler, bei gleicher lebendiger Kraft des Schlages, so ist die das Material streckende oder breitende Wirkung eine lebhaftere. Daher hängt die Wirkung

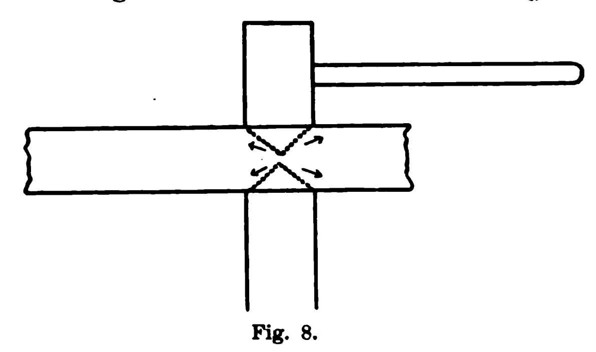


Fig. 8.

wesentlich von der Gestalt und Grösse der Hammerbahn und jener der Unterlage, des Ambosses, ab. Ist der Hammer im Vergleiche



Fig. 9.

mit dem Arbeitsstücke sehr klein, so bewirken die Hammerschläge nur oberflächliche Verschiebungen des Materials, welche



Fig. 10. Keilwinkel = 30°.

sich zuweilen nur als Oberflächenspannungen äussern. (Vgl. Hammerarbeit.)

Die vorstehenden Figuren zeigen die Verschiebungen, wie selbe sich durch die Wirkung einfacher Werkzeuge bei geschichtetem Thon ergaben und wie sie ganz gleichartig auch bei anderen bildsamen Materialien auftreten. Wie aus Fig. 9 ersichtlich ist, führt eine zur Bewegungsrichtung senkrechte Druckfläche einen Material-

kegel mit sich, an dessen Mantelfläche das Abgleiten der umgebenden Massentheilchen erfolgt. Die Fig. 10 und 11 zeigen, dass keilförmige Werkzeuge einen ziemlich spitzen Zuschärfungswinkel besitzen müssen, wenn von einem Durchschneiden der Schichten gesprochen werden darf. Aus Fig. 12 und 13 ist zu entnehmen, dass auch „ab-



Fig. 11.

Keilwinkel = 60° 90° 120°

scherend" wirkende Werkzeuge innere Verschiebungen der Massentheilchen bewirken, und die Trennung durchaus nicht exact in



Fig. 12.

der Richtung der Scherebene stattfindet, wie dies häufig geglaubt wird. Fig. 14 zeigt die Verschiebungen, welche ein unten cylindrisch abgerundetes Werkzeug hervorbringt.



Fig. 13.



Fig. 14.

Presst man ein cylindrisches Stück eines bildsamen Materials zwischen zwei parallelen Platten, so erhält man ein tonnenförmiges Stück von nahezu gleichem Volumen. Auch hier bauen sich kegelförmige Materialpartien auf (Fig. 15), über deren Mantelflächen die Bewegung der einzelnen Massentheilchen erfolgt. Die inneren Vorgänge bei diesen scheinbar einfachen Fällen sind äusserst zusammengesetzt und noch lange nicht völlig bekannt.

In der Festigkeitslehre nimmt man allgemein an, dass ein gedrückter oder gezogener Stab in allen Elementen seines Querschnittes gleich stark beansprucht ist. Ueber die Elasticitätsgrenze hinaus gilt dies auch nicht näherungsweise, wie die Versuche darthun.

Zwischen zwei Bleischeiben (Fig. 16) werde ein Kupfercylinder gelegt und hierauf das Ganze zusammengepresst; nach der Pressung sind die untere und die obere Endfläche des Kupfercylinders concav geworden, was sich nur dadurch erklärt, dass die Pressung an der Achse der Stücke eine höhere war als in der Nähe des Umfanges, wo die Bewegung der Massentheilchen einem viel geringeren Widerstande begegnete. — Presst man eine Bleischeibe zwischen parallelen Platten, deren obere oder untere Bohrungen aufweist, so fliesst das Blei auch in

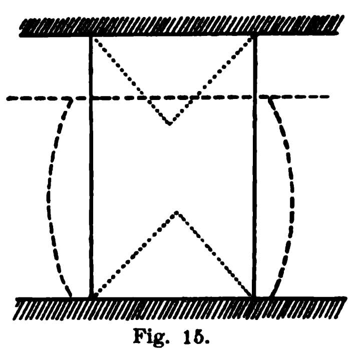


Fig. 15.

diese ein, und zwar sind die der Achse der Scheibe nahen Bohrungen (Steigröhren) mit längeren Bleizapfen erfüllt; ein weiterer

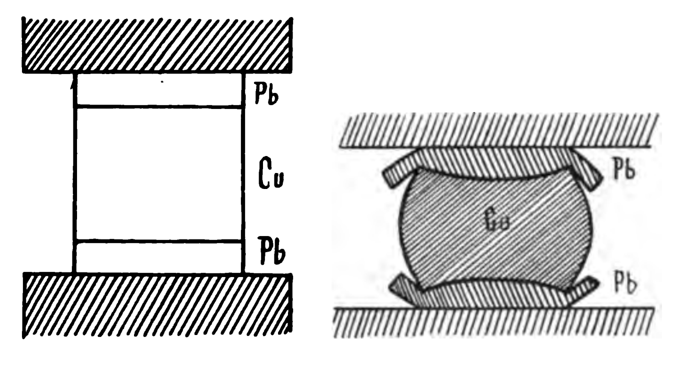


Fig. 16.

Beweis, dass in den mittleren Partien ein höherer Druck herrscht. (Fig. 17.)

Die bildsamen Materialien verändern sich zudem durch die Bearbeitung je nach ihrer Natur in verschiedener Weise, was weitere Complicationen bedingt. Zur Erhärtung dieser Thatsache mögen zwei Beispiele dienen. — Presst man Porzellanmasse aus der Bodenöffnung eines cylindrischen Gefässes, so ist der anfänglich austretende Ausflusszapfen wesentlich wasserreicher, daher weicher als der später austretende, weil das Wasser

nicht genügend in der Masse festgehalten ist und, namentlich bei sehr langsamer Arbeit, Zeit findet, in den unteren Theilen der Masse sich anzureichern. — Ein zweites Beispiel sei folgendes: Ein Kupfercylinder werde zwischen parallelen Platten zusammengedrückt und es stelle die Linie AM in Fig. 18 die Curve der erforderlichen Pressungen in der Weise dar, dass die Abscissen proportional den Zusammendrückungen, die Ordinaten proportional den Pressungen sind; die Fläche AMX ist dann proportional der zur Formänderung geleisteten Druckarbeit. Bei der Pressung P wurde der Cylinder nur um $Aa_1 = z$ zusammengedrückt. Glüht man den um z zusammengedrückten Cylinder aus, lässt man ihn erkalten und belastet man ihn wieder durch P, so nimmt seine Höhe neuerlich ab, und zwar um $a_1\,a_2$, bei abermaligem Ausglühen um $a_2\,a_3$ u. s. w. ($A\,a_1 > a_1\,a_2 > a_2\,a_3 \ldots.$). Daraus lässt sich folgern, dass durch Formänderung in dieses Material Spannungen eintreten, welche es widerstandsfähiger machen. Beseitigt man diese Spannungen durch Ausglühen, also durch möglichste Zurückführung zur ursprünglichen Beschaffenheit, so lässt sich die Formänderung bei denselben Pressungen wesentlich weitertreiben. Also auch in diesem Falle wird das Material (hier Kupfer) durch die Bearbeitung in seinen Eigenschaften verändert.

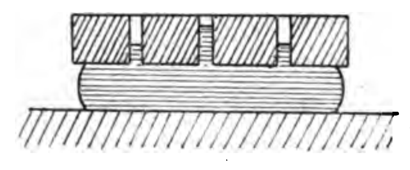


Fig. 17.

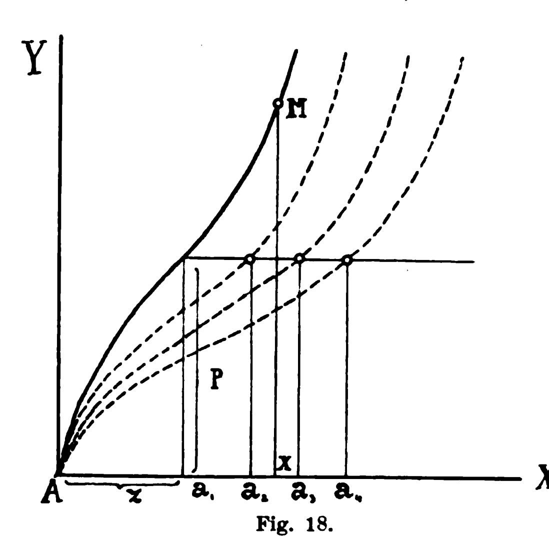


Fig. 18.

Diese Beispiele lassen erkennen, dass bei den verschiedenen Materialien besondere Umstände die Klarstellung der Widerstands-, beziehungsweise Formänderungsgesetze ganz ausserordentlich erschweren und hierin liegt der Grund, warum sich die mechanische Technologie in den meisten Fällen noch mit empirischen, für die specielle Formänderung bei speciellem Material ermittelten Thatsachen begnügen muss.

Die Zusammendrückung eines Kreiscylinders zwischen parallelen Platten ist gewiss eine einfache Formänderung, und doch gelang es nicht, das Gesetz der Curve *A M* zu finden, weder für Kupfer, noch für Stahl, Eisen oder Blei, so ähnlich bezüglich des Wendepunktes auch der Verlauf bei diesen Materialien ist. Die Curve ist das Bild des Zusammenwirkens verschiedener Einflüsse, welche derzeit noch unzerlegt geblieben sind.

Von den spröden Materialien.

Diese Materialien lassen eine Verschiebung ihrer Massentheilchen durch die gewöhnlichen mechanischen Mittel bei gewohnter Art ihrer Benützung — Hammer, Presse, Walzen etc. — ohne Bruch nicht zu; hingegen kann man ihre Form durch die Operation des Schleifens, d. i. durch Abtrennung zahlreicher kleiner Theilchen mittelst der scharfen Körner der Schleifmittel abändern. Alle spröden Materialien sind schleifbar.

So wie es Unterschiede in dem Grade der Bildsamkeit gibt, so gibt es auch Unterschiede in dem Grade der Sprödigkeit. Gusseisen ist spröde, aber nicht so sehr als Marmor, und gewahrt man dies insbesondere an der Beschaffenheit der Späne, welche mittelst Stahlwerkzeugen von diesen spröden Materialien geringer Härte abgetrennt werden können. Die Späne des Gusseisens sind weit zusammenhängender als die Späne des Marmors, letztere sind theils kleine körnig-unregelmässige Splitter, theils Pulver. Manche spröde Materialien, z. B. Bein, Elfenbein, Geweihe lassen sich durch längeres Einlegen in Wasser besser bearbeitbar (minder spröde) machen; andere können durch Erwärmung auf bestimmte Temperaturen theils minder spröde gemacht werden (Horn, Schildpatt, Bernstein), theils lassen sie sich völlig in den bildsamen Zustand überführen. (Guttapercha bei 70° C., Glas in der hellen Rothglut, Zucker nach dem Uebergange aus dem geschmolzenen Zustand in den festen etc.) Auch durch allseitigen hinreichenden Druck können spröde Materialien bildsam werden. (Hiervon später.)

Für die Zwecke rationeller Bearbeitung wird man häufig trachten, spröde Materialien in den bildsamen Zustand zu versetzen; bei Glas z. B. finden die meisten Formgebungen im hellglühenden, bildsamen Zustande statt, während das Schleifen meistens nur zu Vollendungsarbeiten Anwendung findet.

Das Glas ist in seinen Arbeitseigenschaften eines der interessantesten Materialien. Es ist giessbar, aber seiner bedeutenden Zähflüssigkeit wegen muss zu guter Ausfüllung der Form meist

noch ein Druck auf die zähe Flüssigkeit ausgeübt werden, so dass Giessen und Pressen oft unmittelbar hintereinander zur Wirkung kommen.

Der Uebergang aus dem weissglühenden flüssigen Zustand in den gelb- und den rothglühenden bildsamen Zustand erfolgt durch Auskühlen sehr rasch. In diesen Zuständen ist das Glas sehr zähe und lässt sich blasen und ziehen. Das Glasblasen erfolgt gewöhnlich in der Weise, dass man mit der Glasbläserpfeife (einem eisernen mit Holzgriff theilweise umhüllten Rohre) in den geschmolzenen Glassatz einfährt, durch Drehung der Pfeife an ihrer Spitze geschmolzenes Glas aufnimmt und hierauf Luft einbläst. Durch Drehen der Pfeife, Schwingen derselben und Anwendung mannigfacher formgebender Werkzeuge gestaltet der Glasbläser seine Erzeugnisse. Kleine Gegenstände lassen sich aus Glasröhrchen, welche theilweise glühend und dadurch weich gemacht werden, am Blastische her-

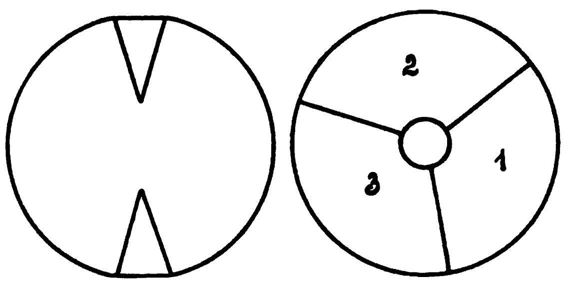


Fig. 19.

stellen. Oefteres Anwärmen erfolgt im Grossen im Ofen, im Kleinen an der Flamme des Blastisches.

Durch das Ziehen erzeugt man Glasröhren in der Weise, dass der an der Pfeife hängende Glasklumpen zuerst in längliche Hohlform geblasen wird; am Ende (Boden) klebt man einen in Glassatz getauchten Stab an, welchen ein zweiter Arbeiter handhabt und hierauf entfernen sich beide voneinander und ziehen die Hohlform zum Rohre. In ähnlicher Weise werden massive Glasstäbe hergestellt.

Geschmolzener Zucker wird bei beginnender Abkühlung ebenfalls bildsam und gestattet die Anwendung von Pressen, Walzen u. dgl.*) —

Wendet man auf spröde Materialien in gewöhnlicher Weise den Hammer an, so erzielt man einen Bruch. Der innere Vorgang

*) Siehe Karmarsch-Heeren, Techn. Wörterbuch, III. Auflage, Band 3, Artikel Glas und Band 2, Artikel Canditen.

hat aber auch hier Aehnlichkeit mit dem bei bildsamem Material Besprochenen; aber während dort der unter der Hammerbahn sich aufbauende Materialkegel den Fluss des benachbarten Materials bedingt, führt er bei dem spröden Material zum Bersten desselben. Schlägt man oder drückt man Kugeln spröden, körnigen Materials (z. B. Gusseisen-, Cement-, Sandsteinkugeln) zwischen parallelen Platten, so entsteht an der Schlag- oder Druckstelle eine geringe Abplattung, auf welcher sich ein Materialkegel aufbaut, der durch Keilwirkung das Bersten bedingt. Ist die Wucht des Schlages so gewählt, dass eben der Bruch beginnt, so wird (falls der Bruch nicht nach einem Mittelschnitte erfolgt, was selten geschieht) ein Stück 1 (Fig. 19) zunächst ausgetrieben und als secundäre Erscheinung erfolgt nahezu gleichzeitig der Bruch nach 2 und 3. Cylindrische Stücke spröden, körnigen Materials gepresst, weisen in den Bruchstücken häufig sehr deutlich die beiden Kegel auf und ausgesprengte meist unregelmässige Stücke des übrigen Materials.

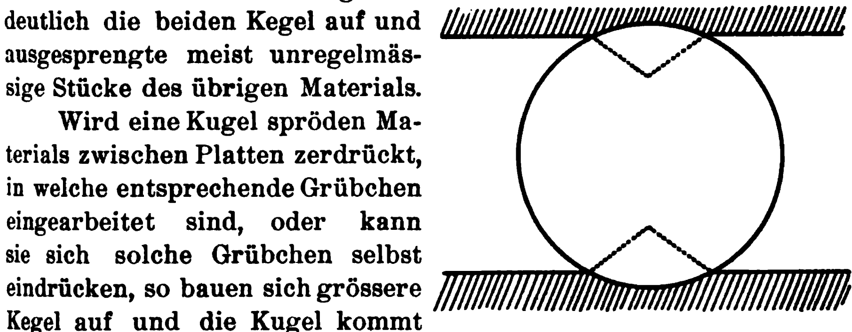


Fig. 20.

Wird eine Kugel spröden Materials zwischen Platten zerdrückt, in welche entsprechende Grübchen eingearbeitet sind, oder kann sie sich solche Grübchen selbst eindrücken, so bauen sich grössere Kegel auf und die Kugel kommt erst bei viel bedeutenderer Pressung zum Bruch (Fig. 20). Daher sollen die zum Zerschlagen harter Steine (z. B. Basalt) angewendeten Hämmer kleine starkgekrümmte Bahnen haben, damit die als Keile wirkenden Materialkegel möglichst klein und spitzwinklig werden.

Die spaltbaren Materialien.

Von der Spaltbarkeit wird zum Zwecke der Formgebung selten allein Gebrauch gemacht; meist wird diese Materialeigenschaft nur zur Herstellung roher Formen angewendet, insbesondere wendet man die Spaltbarkeit bei gewissen Theilungsarbeiten mit Vortheil an, indem keilförmige Werkzeuge in jener Richtung, in welcher die Spaltbarkeit vorhanden ist, rasch und leicht die Theilung bewirken. Holz ist in der Richtung der Fasern spaltbar; viele Steine, insbesondere Schiefer, sind spaltbar nach den Lagerungsschichten. Leder ist spaltbar parallel zur Aussenfläche. Die zum Spalten verwendeten Werkzeuge sind durchwegs keilförmig, je nach dem Ma-

terial theils Meissel (Schiefer), Keile, Aexte (Holz), theils Messer (Leder) und werden stets in der Richtung senkrecht zur Schneide in Wirkung gesetzt (Fig. 21). Diese Schneidewirkung heisst bei Messern gedrückter Schnitt; die Spaltfuge eilt der Schneide vor.

Sehr interessant ist das Spalten von Gneis, Granit u. dgl. Auf den zu spaltenden Steinblock werden mehrere Meissel nach einer geraden Linie aufgesetzt und durch leichte Hammerschläge einzutreiben gesucht. Das Steinmaterial unter den Meisselschneiden zertrümmert bald so weit, dass die Meissel je in der gebildeten kleinen Furche stehen. Es werden nun auf die nach einer geraden Linie, wo möglich nach der Schichtung aufgestellten Meissel der Reihe nach mässige Schläge gegeben, plötzlich findet dann das Spalten des Steines statt.

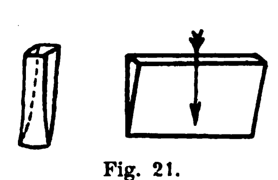


Fig. 21.

Schneidbare Materialien.

Hierunter seien jene Materialien verstanden, welche nur mit Zuhilfenahme messerartiger Werkzeuge eine Theilung oder Formgebung gestatten und dies insbesondere durch Anwendung des gezogenen Schnittes. Unter gezogenem Schnitte ist jener zu verstehen, bei welchem die Bewegung des Messers unter einem zur Schneide spitzen Winkel α erfolgt (Fig. 22). Statt des Zuschärfungswinkels φ ist der weit kleinere ψ wirksam.

$$\operatorname{tg} \frac{\psi}{2} = \sin \alpha \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}.$$

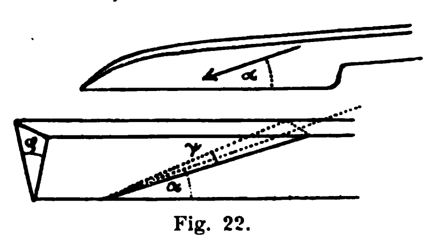


Fig. 22.

Ein Material wie Kork mit seinen zähen, polyedrischen (parenchymatischen) Zellen ist nur durch gezogenen Schnitt entsprechend zu bearbeiten. Sämmtliche Korkbearbeitungsmaschinen wenden diesen Schnitt an, meist in der Weise, dass dem geradlinig in der Richtung der Schneide bewegten Messer der Kork entsprechend zugeführt wird.

Auch das Fleisch und ähnliche organisierte Materialien erheischen gezogenen Schnitt oder machen ihn doch empfehlenswerth. Ein schönes Beispiel dieses Schnittes bildet das Mähen mit Sense und Sichel. Die Schneide dieser Werkzeuge bewegt sich fast tangential zum Querschnitte des Halmes und dabei mit grosser Geschwindigkeit. Der Winkel α wird sehr klein, daher auch ψ und der

Halm reagiert durch sein Beharrungsvermögen. Durch das Zusammenwirken dieser Momente wird allein die Schneidewirkung erklärlich.

Das Gesetz vom Gebrauchswechsel.

Die Entwickelung der Werkzeuge beruht grösstentheils auf dem von Hartig erkannten Gesetz vom Gebrauchswechsel, nach welchem der Mensch jedes Werkzeug (überhaupt jedes neue Mittel) instinctiv versuchsweise zu verschiedenem Gebrauche verwendet, hierbei Erfahrungen erntet und dieselben benützend die An-



Fig. 23. Steinaxt.

passung, beziehungsweise Umformung des Werkzeuges für den besonderen Zweck vornimmt.

So entstanden aus den Grundwerkzeugen: Hammer, Axt, Meissel und Messer nicht nur die zahlreichen Varianten dieser

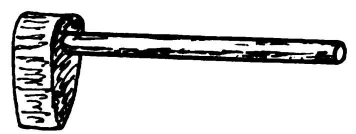


Fig. 24. Gebohrte Steinaxt.



Fig. 25. Axt primitiver Form.

Werkzeuge, welche noch diese Namen führen, sondern auch zahlreiche andere abgeleitete Werkzeuge, Texel, Hobel, Stemmeisen, Bohrer u. a. Manche Werkzeugform bleibt so lange überraschend, unmotiviert, als nicht aus der durch das Gesetz des Gebrauchswechsels bedingten Umformung die Erklärung sich ergibt. Einige Beispiele mögen dies klarlegen.

Aus der Urform der Axt (Fig. 23), welche eigentlich nur ein mit Stiel armierter Steinmeissel gewesen, entstand schon die gebohrte Steinaxt (Fig. 24) — (das Ausbohren der Löcher geschah durch Ausschleifen mittelst Schleifsand und unter Anwendung eines röhrenförmigen Bohrers) — aus dieser ging nach Einführung des Eisens und Stahles die Axt nach Fig. 25 hervor. Mit der Axt lassen sich Bäume fällen und es ist möglich, dieselben vierkantig

zu behauen, wenn auch nur roh. Hierbei legt man den Baum auf Böcke, macht etwa von Meter zu Meter Einhiebe (sogenannte Stiche) (Fig. 26) und sprengt hierauf mit der Axt das zwischen den Stichen befindliche Holz ab, wodurch zunächst eine Seitenfläche an dem rohen Holze gebildet ist (Fig. 27). Die übrigen drei Seiten lassen sich in gleicher Weise herstellen. Der Wunsch lag nun nahe, diese Seitenflächen auch rein und sauber herzustellen, doch dazu war die

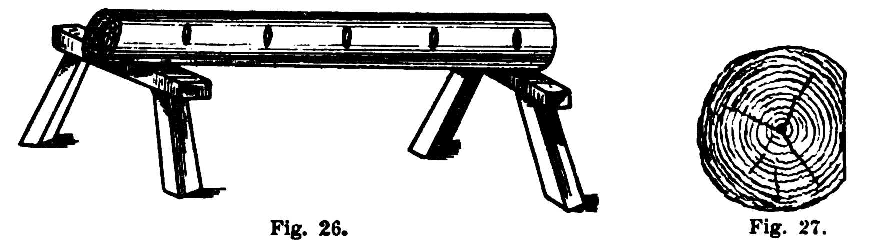


Fig. 26. Fig. 27.

Axt nicht geeignet, sie musste vielmehr dem besonderen Bedarfe angepasst werden und daraus entstand das Breitbeil (Fig. 28),

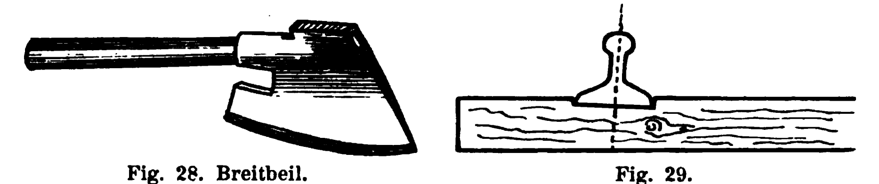


Fig. 28. Breitbeil. Fig. 29.

welches eine bedeutend längere, einseitig zugeschliffene Schneide aufweist, und deren Haube (der Theil, welcher den Stiel aufnimmt)

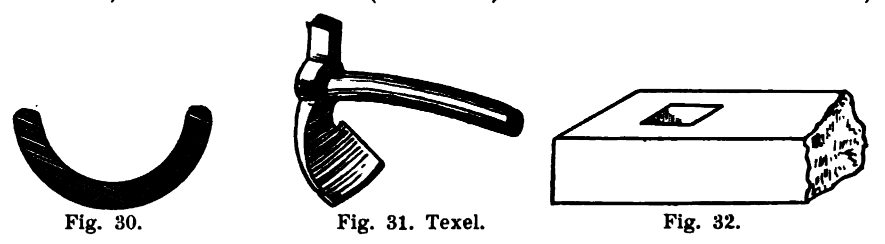


Fig. 30. Fig. 31. Texel. Fig. 32.

schräg gestellt ist, damit die Hände des Arbeiters beim Behauen der Seitenflächen am Baume vorbei können, sich nicht an demselben beschädigen.

Das Breitbeil ist für den speciellen Gebrauch sehr geschickt, sein Gebrauchskreis aber im Verhältnisse zur Axt sehr eingeengt.

Mit einer Axt einen Balken, welcher horizontal versetzt ist, an der oberen Fläche zu bearbeiten, z. B. in einer Eisenbahnschwelle jene Vertiefung auszuarbeiten, in welcher der Schienenfuss seinen Sitz erlangen soll (Fig. 29), gelingt nur höchst unvollkommen und schwierig. Ebensowenig vermöchte man ein Halbholz mit der Axt rinnenförmig

auszuhöhlen (Fig. 30), wie das am Lande bei Herstellung hölzerner Dachrinnen verlangt wird. Für diese Arbeiten muss die Axt so abgeändert werden, wie Fig. 31 zeigt, aus der Axt wird das Texel. Im ersteren Falle verwendet man ein Texel mit gerader Schneide, im zweiten ein Texel mit krummer Schneide. Durch die specielle Anpassung ist der Umfang der Verwendung eingeschränkt.

Will man in einem Balken mit der Axt ein Zapfenloch (Fig. 32) ausarbeiten, so gehört dazu nicht nur ausserordentliche Ge-

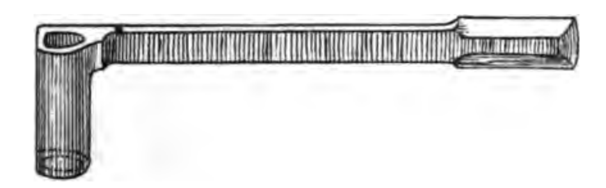


Fig. 33. Stossaxt (ohne Stiel angewendet).

schicklichkeit, sondern es wird die Arbeit auch nie rein ausfallen. Hingegen kann dies bei hinreichender Uebung mit der Stossaxt (Fig. 33) gelingen, welche stets ohne Stiel, zweihändig und stossend

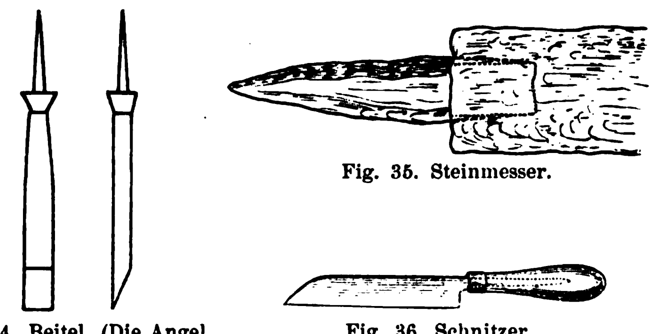


Fig. 34. Beitel. (Die Angel ist in ein Heft gesteckt, auf welches mit dem Schlegel geschlagen wird.)

Fig. 35. Steinmesser.

Fig. 36. Schnitzer.

verwendet wird, die rechte Hand fasst die Haube, die linke das Blatt.

Indem man für denselben Zweck das weit bequemer zum Ziele führende Beitel (Fig. 34) besitzt, erscheint die Stossaxt so lange als räthselhaftes Gebilde, bis man in seiner Ableitung die Erklärung für diese Erfindung findet.

In ganz ähnlicher Weise kann man aus dem Steinmesser (Fig. 35) den Schnitzer (Fig. 36), aus diesem ein Messer mit zwei Griffen, eingerichtet für besseres Spalten und Beschneiden von

dünnem Rundholz ableiten (Fig. 37), aus diesem bildet sich das Reifmesser (Fig. 38), welches je nach dem speciellen Zwecke, entweder mit gerader Schneide (ebenem Blatte), oder mit gekrümmter

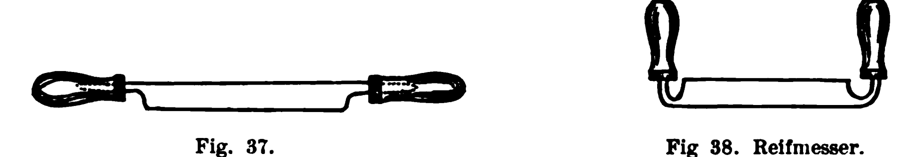


Fig. 37. Fig 38. Reifmesser.

Schneide (gebogenem Blatte) (Fig. 39) ausgeführt wird. Auch das *Wiegemesser* (Fig. 40) leitet sich durch entsprechende Um-

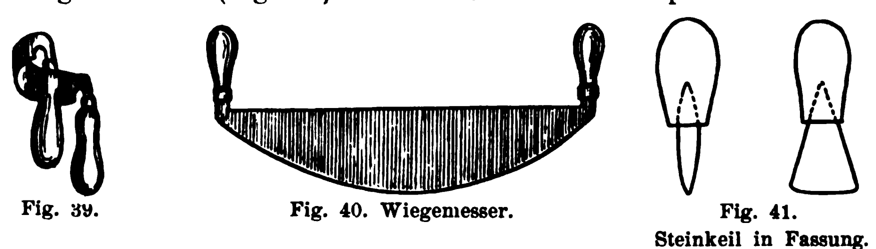


Fig. 39. Fig. 40. Wiegemesser. Fig. 41. Steinkeil in Fassung.

formung ab und dient mit seiner convexen Schneide besonderen Verkleinerungszwecken u. s. w.

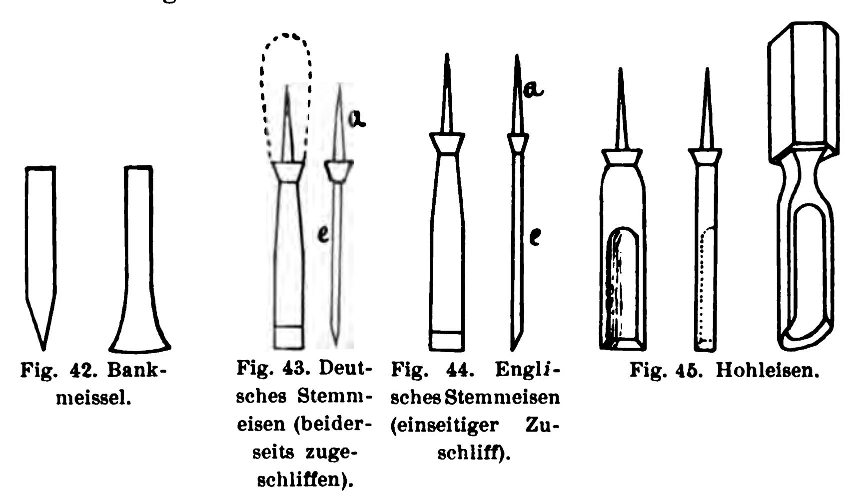


Fig. 42. Bankmeissel. Fig. 43. Deutsches Stemmeisen (beiderseits zugeschliffen). Fig. 44. Englisches Stemmeisen (einseitiger Zuschliff). Fig. 45. Hohleisen.

Aus dem in Holz- oder Hirschhorngriff gefassten *Steinkeil* (Fig. 41), welcher zweifelsohne besonders zu Zwecken der Enthäutung erlegter Thiere diente, lassen sich ähnlich geformte und auch ähnlich verwendete Werkzeuge der Fleischer und Gerber ableiten, aber auch all die vielen Meisselformen (Fig. 42) und die Formen der Stemmeisen und Stechzeuge zur Holzbearbeitung, von welchen Fig. 43 bis 45 Beispiele zeigen.

Aus der Säge der Steinzeit (Fig. 46) leitet sich die Grathsäge (Fig. 47) ab. Viel freiere Werkzeugformen ermöglichte der Stahl

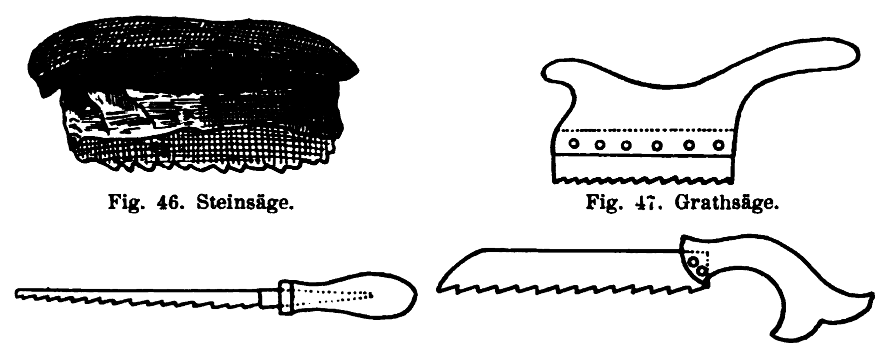


Fig. 46. Steinsäge.

Fig. 47. Grathsäge.

Fig. 48. Lochsäge oder Räubersäge. (An der verzahnten Kante ist das Blatt dicker als am Rücken, Zähne nicht geschränkt.)

Fig. 49. Fuchsschwanz-Säge meist mit breiterem, am Rücken durch Rippe verstärktem Blatte.

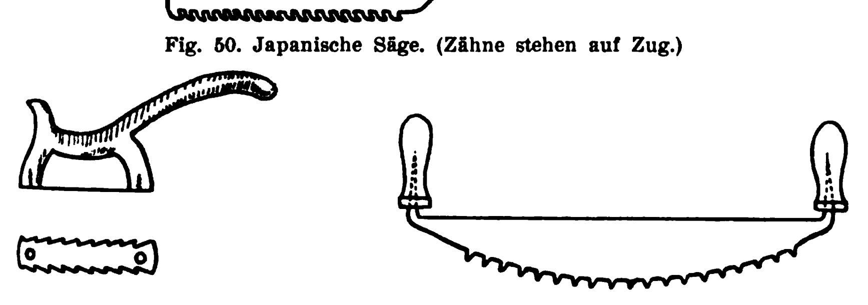


Fig. 50. Japanische Säge. (Zähne stehen auf Zug.)

Fig. 51. Zapfensäge.

Fig. 52. Quer- oder Bauchsäge.

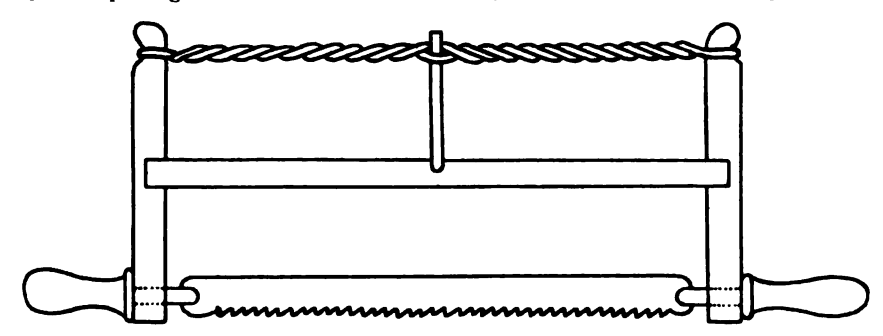


Fig. 53. Oertersäge.

und so konnte die Lochsäge (Fig. 48), der Fuchsschwanz (Fig. 49), die japanische Säge (Fig. 50), die Zapfensäge (Fig. 51), die Quersäge (Fig. 52), die Oertersäge (Fig. 53) entstehen.

Die Menschen passen auch die Werkzeugformen ihrer individuellen Eigenschaft an. Die schwächeren Japaner und Chinesen arbeiten mit Säge und Hobel zu sich, statt von sich, weil hierbei leichter die Werkzeugführung erzielt wird. Die dem Fuchsschwanz ähnliche japanische Säge weist die Zähne auf den Zug gestellt und von anderer Form.

Die gangbarsten Werkzeugformen entsprechen oft schlecht einem speciellen Bedarfe. Hätte man z. B. öfter über eine Holzfläche vorstehende Zapfen zu entfernen, so genügt die gewöhnliche Säge schlecht, man greift zu der hierfür speciell hergestellten Zapfensäge, deren quergelegtes Blatt mit seitlichen, auf Zug stehenden Zähnen versehen ist. Der Anwendungskreis ist aber dadurch sehr beschränkt.

Arbeitsverbrauch bei mechanischen Formänderungen.

Als Fundamentalgesetz des Arbeitsverbrauches gilt das „Gesetz der proportionalen Widerstände",*) lautend: „Die Arbeitsgrössen, welche zu übereinstimmender Formänderung geometrisch ähnlicher und materiell gleicher Körper erfordert werden, verhalten sich wie die Volumen oder Gewichte dieser Körper." Unter übereinstimmender Formänderung ist jene verstanden, welche von geometrisch ähnlicher Anfangsform bei gleichartiger Einwirkung zu geometrisch ähnlicher Endform führt. Unerlässliche Bedingung ist gleiche Beschaffenheit des Materials; dieses muss nicht nur in chemischer, sondern auch in mechanischer Beziehung völlig gleich sein. Ein Stahldraht ist z. B. mechanisch von anderem Verhalten als der Stahlstab, aus welchem er gewalzt oder gezogen wurde; Glas im kalten Zustande verhält sich wesentlich anders als im glühenden; Thon mit 10% Wasser ist brüchig, mit 20% Wasser knetbar u. s. w.

Eine weitere Bedingung ist die Anwendung von annäherungsweise gleichen Geschwindigkeiten, so dass also das genannte Gesetz der Proportionalität der Widerstandsarbeiten nur Geltung hat bei geometrisch ähnlichen Materialien derselben materiellen Beschaffenheit, bei Anwendung ganz analoger Formveränderung und annähernd gleicher Geschwindigkeit.

---

*) Siehe Kick: Das Gesetz der proportionalen Widerstände und seine Anwendungen. Leipzig, Arthur Felix, 1885. Diese Schrift gewährt einen Einblick in die bei Festigkeitsuntersuchungen auftretenden Nebenumstände und hierdurch bedingte Beeinflussung der Resultate.

Es lässt sich das Gesetz der proportionalen Widerstände mathematisch auch durch die Gleichung: $A_1 : A_2 = V_1 : V_2$ oder $A_1 : A_2 = G_1 : G_2$ ausdrücken, wobei A_1 und A_2 Arbeitsgrössen und V und G Volumen, respective Gewichte bedeuten. Vorausgesetzt, dass die Vergleichungskörper geometrisch ähnlich sind, lässt sich statt des Verhältnisses $V_1 : V_2$ das Verhältniss aus den dritten Potenzen der analogen linearen Abmessungen setzen. Nennen wir dasselbe a, so lässt sich auch schreiben $A_1 : A_2 = 1 : a^3$.

$$I. \ldots\ldots A_1 : A_2 = V_1 : V_2 = G_1 : G_2 = 1 : a^3.$$

Es lassen sich aus diesem Gesetze eine Reihe praktischer Folgerungen ziehen. Denkt man sich z. B. geometrisch ähnliche Cylinder aus Kupfer zwischen zwei parallelen Platten zusammengedrückt, so werden dieselben eine tonnenförmige Form annehmen. Würde diese Formänderung durch ein Fallwerk hervorgerufen, so ist die verwendete Arbeitsgrösse gegeben durch das Product aus dem Gewichte des Fallklotzes (abzüglich der Reibung) und der Fallhöhe desselben; es kann daher die angegebene Form des Gesetzes bequem zum Aufschlusse verwendet werden, welche Schlagarbeit zur gleichen Formänderung eines geometrisch ähnlichen Cylinders desselben Materials erforderlich wäre. Wenn jedoch diese Formveränderung unter einer hydraulischen Presse erfolgt, so ist die zur Verwendung kommende Arbeit nicht unmittelbar gegeben, sondern man muss erst die für die einzelnen Stadien der Formänderung nothwendigen Pressungen und die Wege, in welchen sie wirken, in Zusammenhang bringen, um die Arbeitsgrösse zu erhalten.

Zu diesem Ende tragen wir uns die Pressungen als Ordinaten und die dazu gehörigen Zusammendrückungen als Abscissen im Diagramm auf; es ist dann die Arbeit ausgedrückt durch die Fläche $A = \int_0^s P ds$, wobei ds das Differentiale der Zusammendrückung bedeutet (Fig 54). Nach der früheren Gleichung ist:

$A_1 : A_2 = G_1 : G_2 = 1 : a^3$ oder $dA_1 : dA_2 = G_1 : G_2 = 1 : a^3$, und somit $P_1 ds_1 : P_2 ds_2 = G_1 : G_2 = 1 : a^3$.

Nun verhält sich aber $ds_1 : ds_2 = 1 : a$, und folglich ergibt sich durch Division der beiden letzten Gleichungen

$$II. \ldots\ldots P_1 : P_2 = 1 : a^2 = F_1 : F_2 = O_1 : O_2.$$

wobei unter F_1 und F_2 die analogen Querschnitte, unter O_1 und O_2 die Oberflächen der Massen verstanden sind. In dieser zweiten

Form liefert das Gesetz der proportionalen Widerstände die Beziehungen zwischen den Pressungen und es lautet:

„Die Pressungen (Drücke), welche zu übereinstimmender Formänderung geometrisch ähnlicher und materiell gleicher Körper erfordert werden, verhalten sich wie die correspondierenden Querschnitte oder die Oberflächen der gepressten Körper."

Wenn wir die Arbeitsgrösse für die Gewichtseinheit bestimmen, so ergibt sich aus $A_1 : A_2 = G_1 : G_2$, für $G_1 = 1$

$$III. \;.\;.\;.\;.\;.\; A_2 = A_1\, G_2$$

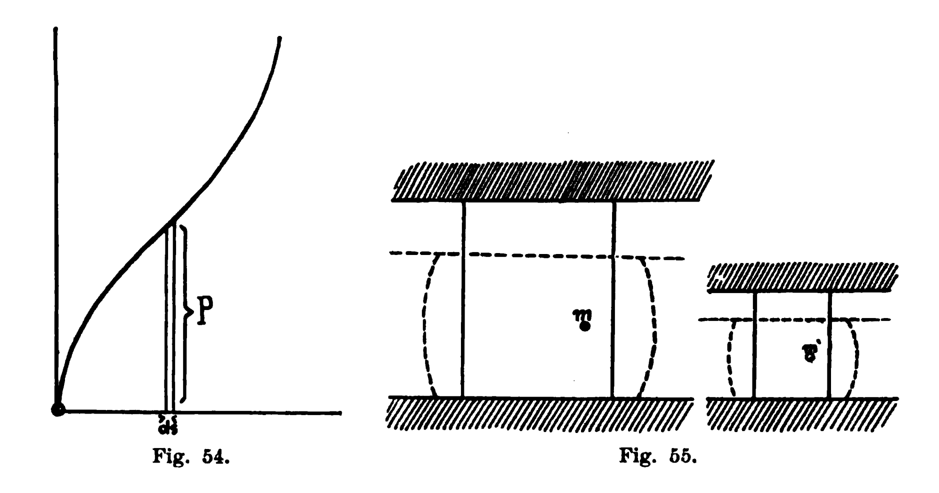


Fig. 54. Fig. 55.

In dieser dritten Form lautet das Gesetz:

„Körper bestimmter Form und bestimmten Materials bedürfen zu einer bestimmten Formänderung oder Theilung einer Arbeitsgrösse, welche gleich ist dem Producte aus dem Körpergewichte und der für die Gewichtseinheit desselben Materials bei geometrisch ähnlicher Grundform und übereinstimmender Formänderung erforderlichen Arbeitsgrösse."

Das Gesetz wurde auf Grund vielfacher Versuche gefunden; es lässt sich dasselbe auch theoretisch begründen.

Werden geometrisch ähnliche Körper gleicher Beschaffenheit übereinstimmend deformiert, so erleiden die Massentheilchen beim Fluss einen Widerstand im Mittel, und dieser specifische Widerstand sei für zwei analog liegende Theilchen $m\, m'$ (Fig. 55) als gleich angenommen und mit ξ bezeichnet. Es wird dann die Verschiebungsarbeit der Massentheilchen sich ausdrücken lassen durch $\xi \,.\, do_1\, ds_1 = dA_1$ und $\xi\, do_2\, ds_2 = dA_2$.

Hierbei sind mit o_1 und o_2 die proportionalen Oberflächen dieser Theilchen verstanden.

Es lässt sich auch schreiben $dA_2 = \xi . a^3 do_1 ds_1$, und demzufolge: $dA_1 : dA_2 = \xi do_1 ds_1 : \xi a^3 do_1 ds_1$ oder $dA_1 : dA_2 = 1 : a^3$; dann müssen aber auch die Summen der Differentiale, d. i. die Gesammtarbeit, im selben Verhältniss stehen, und deshalb kann man schreiben: $A_1 : A_2 = 1 : a^3$.

Dies hier deducierte Gesetz lässt sich mit aller Sicherheit anwenden, wenn die Bedingungen erfüllt sind, unter welchen es gilt.

Aus einem Formänderungsversuche, bei welchem die erforderliche Arbeitsleistung ermittelt wurde, können die Arbeitgrössen für die übereinstimmende Formänderung beliebiger, aber geometrisch ähnlicher Stücke desselben Materials in einfachster Weise gerechnet werden, ebenso die correspondierenden Pressungen.

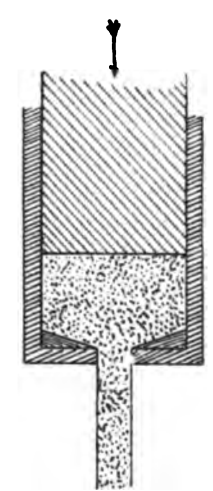


Fig. 56.

Aus einem Versuche im Kleinen kann man Schlüsse fürs Grosse ziehen, was oft von praktischem Werthe ist. Der eine Versuch muss aber vorliegen.

Im Folgenden seien solche Beispiele gegeben.

a) Es sei jene Pressung zu ermitteln, die eine Presse liefern muss, durch welche aus einem Cylinder mit kreisförmiger Bodenöffnung Thon gepresst werden kann. Zu diesem Behufe wird ein Probeversuch angestellt, bei welchem aus einem kleinen geometrisch ähnlichen Cylinder materiell gleicher Thon zum Ausflusse gebracht wird. Bei Beobachtung dieses Versuches zeigt sich, dass die aufgewendete Pressung vom Beginne des Ausflusses bis dahin ziemlich constant ist, wo der Druckkolben in die Höhe jener Rutschflächen gelangt, die sich im Innern der Masse bilden, und längs welchen das Material abzugleiten bestrebt ist; hierauf aber wächst die erforderliche Pressung rasch. Fig. 56 zeigt diese Rutschflächen unter zu geringer Neigung, dieselbe beträgt etwa 45°.

Wenn a das Verhältniss der analogen, linearen Grössen der beiden in Rede stehenden Cylinder ist, und P die zum Ausfliessen erforderliche maximale Pressung beim Probeversuch, so ergibt sich die gesuchte Pressung laut des Gesetzes als $P_2 = a^2 . P_1$.

Dieser auf dem Wege der Rechnung gewonnene Werth wird in dem Falle etwas zu hoch sein, wenn sich zwischen Kolben und

Cylinder Material eingepresst hat, welches beim kleinen Kolben verhältnissmässig eine grössere Reibung bewirkt als beim grossen Kolben. Gute Uebereinstimmung wird sich nur ergeben, wenn durch geeignete Manschette am Kolben dem Material verwehrt ist, zwischen Kolben und Cylinder zu treten.

b) Die in den Schmieden in Verwendung stehenden Dampfhämmer reichen je nach ihrer Grösse nur zum Schmieden gewisser Schmiedestücke, beziehungsweise Ingots aus. Erheischt es nun die Nothwendigkeit, ein Schmiedestück zu schmieden, dessen Dimensionen von den gewöhnlich in Gebrauch stehenden wesentlich abweichen (viel grösser sind), so wird auf Grund der für die kleineren Schmiedestücke gewonnenen Erfahrungen, durch Benützung der Gleichung $A_1 : A_2 = G_1 : G_2$, die für das grössere Schmiedestück erforderliche Schlagarbeit gerechnet werden können. Ist das Hammergewicht in dem ersten Falle Q_1, die Hubhöhe H_1, im zweiten Falle Q_2 und H_2, so folgt $A_1 : A_2 = Q_1 H_1 = Q_2 H_2$. Da A_1, Q_1, H_1 gegeben sind, A_2 durch die erste Proportion bestimmbar ist, so findet man $Q_2 H_2$ gleich dem nun bekannten Werthe A_2. Man wählt nun H_2 mit Rücksicht auf andere praktische Bedingungen (mögliche Bauhöhe des Hammers), und findet dann den Werth von Q_l, d. i. die Grösse des anzuwendenden Hammergewichtes.

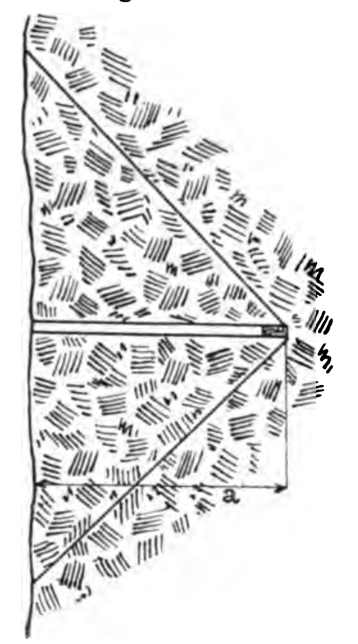


Fig. 57.

c) Die Grundregel der Sprengtechnik erscheint als einfache Folge des Gesetzes, wie nachstehend bewiesen wird.

Um einen Fels zu sprengen, wird in denselben ein Sprengloch gebohrt, an dessen Ende die Sprengladung (das Explosiv) eingebracht wird, während der Rest des Bohrloches versetzt werden muss. Ist die Ladung quantitativ richtig gewählt, so reisst das Explosiv eine Gesteinsmasse von kegelförmiger Gestalt heraus, den sogenannten Wurfkegel. Der Ladungsraum heisst Pulversack oder Minenherd und der Abstand *a* (Fig. 57) desselben von der äusseren Gesteinswand heisst Vorgabe.

Für eine bestimmte Steingattung und bestimmte Bohrlochtiefe wird eine gewisse Menge Explosiv erforderlich sein, um einen richtigen Effect (Wurfkegel correcter Form) zu erzielen.

Nach dem Gesetze der proportionalen Widerstände wird für analoge Verhältnisse $A_1 : A_2 = G_1 : G_2$ sein müssen und hier können unter G_1 und G_2 nicht die unbestimmten Gewichte der Felsmassen, sondern nur die bestimmten Gewichte der Masse der Wurfkegel verstanden sein. Bezeichnet man mit L_1 und L_2 die Mengen der Ladungen, so kann $A_1 : A_2 = L_1 : L_2$ sofort geschrieben werden, denn die Arbeit ist proportional der Menge des Explosivs, welches vergast wurde.

Hiernach findet man für normale Sprengung in gleichem Gestein $L_1 : L_2 = G_1 : G_2 = a_1{}^3 : a_2{}^3$ oder mit Worten: Die Ladungen verhalten sich wie die Volumen der Wurfkegel oder wie die dritten Potenzen der Vorgaben *(a)*. Dies ist die alte Regel der Sprengtechnik, welche Lebrun aufstellte.

Statt der obigen Ableitung kann man auch von der zweiten Form des Gesetzes ausgehend zu demselben Schluss gelangen (s. „das Gesetz der proportionalen Widerstände", Leipzig 1885, S. 9).

d) Von zwei geometrisch ähnlichen Körpern gleichen Materials mögen mittelst übereinstimmender Werkzeuge Späne derart abgenommen werden, dass auch diese geometrisch ähnlich sind; dann muss das Gesetz Geltung haben (Fig. 58).

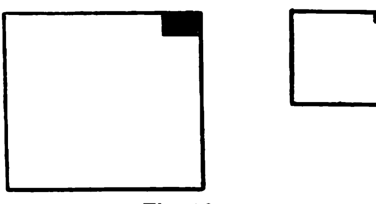


Fig. 58.

Es ist zu erkennen, dass in diesem Falle die geometrische Aehnlichkeit sich eigentlich nicht auf die Arbeitsstücke zu erstrecken braucht, sondern nur auf die Werkzeuge, ihre Anstellung und auf die Späne.

Demnach lehrt $A_1 : A_2 = G_1 : G_2$, dass die Arbeitsgrössen bei dem Abtrennen geometrisch ähnlicher Späne proportional sind dem Gewichte der Späne, dass es also gleich ist, ob ein bestimmtes Materialgewicht in Form feinerer oder gröberer Späne abgetrennt wird, wenn dies in geometrisch ähnlicher Art geschieht.

Und die Gleichung $P_1 : P_2 = 1 : a^2 = f_1 : f_2$ lehrt, dass die Pressungen proportional sind dem Spanquerschnitte, natürlich auch nur unter obiger Voraussetzung.

Es mögen diese Resultate überraschen; sie finden aber in Folgendem ihre Analogie:

e) Zerschlägt man Kugeln desselben Materials, z. B. aus Gusseisen, so dass gerade die zum Bruch erforderliche Arbeit angewendet wird, so findet man aus Gleichung III (S. 28) $A_2 = A_1 G_2$, wobei A_1 jene Arbeitsgrösse bedeutet, welche zum Zerschlagen einer Kugel von 1 *kg* Gewicht erforderlich ist.

Wäre nun $G_2 = \frac{1}{n} kg$, so wird $A_2 = \frac{1}{n} A_1$ und demnach $n A_2 = A_1$, d. h. n Kugeln, welche zusammen 1 kg wiegen, brauchen zum Zerschlagen dieselbe Arbeitsgrösse als 1 Kugel von 1 kg Gewicht. (Die Versuche bestätigen dies vollkommen.)

f) Es werde Blech unter einer Schere von bestimmtem Schneidwinkel geschnitten. Wenn der Scherbacken an der Ecke a (Fig. 59) zu schneiden beginnt, so wächst die erforderliche Pressung von Null bis zu dem Werthe P_1, der dann so lange constant bleibt, als die Einwirkung längs einer constanten Länge mn stattfindet und erst an der Ecke b allmählich wieder auf Null sinkt.

Die Breite des Bleches (ab) ist also auf P_1 nicht von Einfluss, wohl aber der Winkel φ.

Die Gleichung II $P_1 : P_2 = 1 : a^2$ wird sich also hier, da Länge und Breite des Bleches auf die Höhe der Pressung keinen wesent-

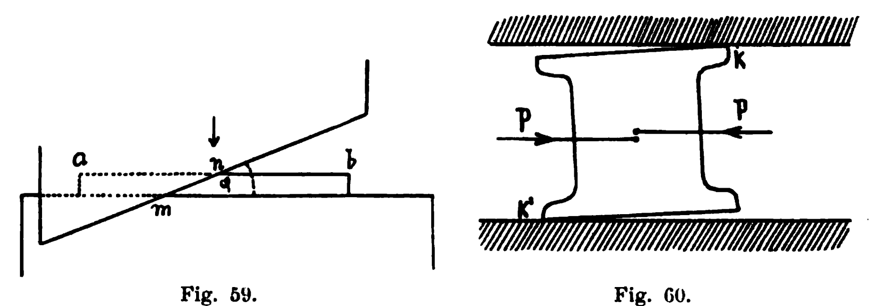


Fig. 59. Fig. 60.

lichen Einfluss üben, auf die sehr wesentliche Blechdicke beziehen, und wir erhalten $P_1 : P_2 = \delta_1^2 : \delta_2^2$; in Worten: Der Schneidwiderstand ist bei gleichem Scherwinkel proportional dem Quadrate der Blechdicke.

Ist z. B. für $\varphi = 5^1/_2{}^0$ für Eisenblech der Werth $P_1 = 100\,kg$, so wird eine Platte desselben Materials bei gleichem φ und 20 mm Dicke ein $P_2 = 100 \times 20^2 = 40000\,kg$ Schneidwiderstand geben (s. Näheres in obcitierter Schrift S. 62).

Von bedeutendem und störenden Einfluss ist das Ecken des parallel geführten, oberen Scherbackens; um es zu mindern, muss die Führung eine sehr lange sein. Fig. 60 deutet das Ecken an, welches immer eintritt, wenn die Kräfte P, P ein Kräftepaar bilden, wie dies beim Blechschneiden stets eintreten muss. Die Kanten kk' des geführten Stückes drücken sich in die Führungen, und dies bedingt bedeutende, zusätzliche Widerstände, weit höher als die gewöhnliche Reibung.

Aus dem Vorstehenden ist zu ersehen, dass das Gesetz der proportionalen Widerstände manche werthvolle Consequenzen ziehen

lässt. Würden die Arbeitswiderstände der verschiedenen Materialien bei gleicher Formänderung congruenter Stücke in einem constanten Verhältnisse stehen, so wäre die Benützbarkeit eine noch weit höhere, dies ist aber leider nicht der Fall.

Diese Thatsache ist so bedeutungsvoll, dass wir ihr zunächst noch begrifflich durch Fassung in andere Satzformen näher treten wollen. — Das Gesetz der proportionalen Widerstände setzt gleiche materielle Beschaffenheit und gleiche Geschwindigkeit der Formänderung voraus, und gilt nur dann, wenn diese Bedingungen erfüllt sind. Es drängt sich die Frage von selbst auf, wie sich die verschiedenen Materialien bei derselben Art der Inanspruchnahme verhalten.

Sehen wir zunächst von den spröden Materialien, welche bei gewissen Inanspruchnahmen sich unter gewöhnlichen Verhältnissen wesentlich anders als die bildsamen (oder plastischen) Materialien verhalten, ganz ab; betrachten wir zunächst nur bildsame Körper, ja von diesen nur die schwieriger in ihrer Form abzuändernden, welche sich unter der Benennung hämmerbare Körper zusammenfassen lassen, so zeigen die mit congruenten Probestücken ausgeführten gleichartigen und zu congruenten Schlussformen durchgeführten Deformationen kein constantes Verhältniss der Widerstände, wenn man die verschiedenen Arten der Formänderungen vergleicht. So stehen z. B. die Arbeitswiderstände für eine bestimmte Zusammendrückung gleichseitiger Cylinder gleichen Volumens bei nachbenannten Materialien bezogen auf Kupfer im folgenden Verhältnisse.

Material	Für Schlag	Für Druck	Anmerkung
Flusseisen (kalt)	—	3000	
Schmiedeeisen (kalt) . . .	4000—4500	2000	Die in Klammer stehenden Zahlen sind nicht direct aus Druckversuchen abgeleitet, sondern aus den Schlagversuchen geschätzt.
Schmiedeeisen (rothglühend)	600—900	(300—400)	
Schmiedeeisen (gelbrothglüh.)	500	(250)	
Kupfer (kalt) . . .	1000	1000	
Kupfer (rothglühend)	550	(250)	
Messing (kalt)	800—1200	—	
Zinn (kalt)	500	(250)	
Blei (kalt)	70—90	20—50	

Prof. Hugo Fischer fand für die Arbeitsgrössen zum Zerreissen von Drähten, bezogen auf gleiche Gewichte, nachstehende Verhältnisszahlen:

Blei	1	Zink	57	Nickel	156
Platin	8	Aluminium	66	Tombak	172
Gold	11	Silber	93	Neusilber	182
Zinn	13	Eisen	98	Messing	218
Stahl	37	Kupfer	120	Phosphorbronze	320

Rechnet man diese Werthe nach dem specifischen Gewichte auf gleiche Volumen um, so wäre die Arbeit für das Zerreissen beim Kupfer und Eisen ziemlich gleich, während für das Zusammendrücken Eisen doppelt bis vierfach widerstandsfähiger ist.

Kupfer hätte für das Zerreissen etwa den zehnfach grösseren Arbeitswiderstand als Zinn, gegen Zusammendrückung hingegen den zwei- bis vierfachen. Man sieht also, dass von einem constanten Verhältnisse der Widerstandsarbeiten keine Rede ist.

Daher ist es auch nicht zulässig, aus der für irgend eine Formänderung eines bestimmten Materials erforderlichen Arbeitsgrösse die für die gleiche Formänderung eines anderen Materials erforderliche Arbeitsgrösse durch Multiplication mit einem constanten Factor ableiten zu wollen.

Ueber die Veränderung der Dichte bei Formänderungen.

Viele Materialien sind sehr unstetig mit Materie erfüllt. Die aus einzelnen, theilweise mit Luft erfüllten Zellen bestehenden Materialien: Holz, Leder, Kork u. a. werden sich bedeutend zusammendrücken lassen, weil durch Pressung die Luft theilweise entfernt und die Zellwände einander genähert werden können.

Andere Materialien können Gemenge verschiedener Stoffe sein, so z. B. besteht das Schweisseisen nicht nur aus Eisen, sondern auch aus Schlacke, und in der Weissglühhitze ist ersteres weich, letztere flüssig und durch genügende Pressung oder Schläge kann die flüssige Schlacke ausgepresst werden.

Wieder andere Materialien, z. B. mit entsprechenden Vorsichten blasenfrei gegossenes Blei oder Zinn füllen den Raum stetig aus. Die Bearbeitung wird sich daher naturgemäss in Bezug auf Dichtenänderung je nach dem Material sehr verschieden äussern. Von jenen Materialien, welche den Raum stetig erfüllen oder keine Hohlräume besitzen, kann gesagt werden, dass die Aenderung ihrer Dichte durch Bearbeitung nur eine sehr geringe ist, so dass bei diesen Materialien von Constanz des Volumens mit grosser Annäherung gesprochen werden kann. Z. B.:

1. Bleicylinder (hoch 100·3 *mm*, Durchmesser 70·2 *mm*) gegossen, abgedreht, besass bei 20° C. ein specifisches Gewicht von . . . . 11·3546

2. Derselbe gepresst mit 6000 *kg* besass ein specifisches Gewicht von . . . . 11·3557

3. Derselbe gepresst mit 10.000 *kg* besass ein specifisches Gewicht von . . . . 11·3572

4. Derselbe zusammengeschlagen auf $h = 33{\cdot}6\,mm$ besass ein specifisches Gewicht von . . . . 11·3560

5. Ein Segment vom Rande der Scheibe (4) besass ein specifisches Gewicht von . . . . 11·3540

6. Stück aus der Mitte der Scheibe (4) hatte ein specifisches Gewicht von . . . . 11·3590

7. Stück aus der Mitte der Scheibe länger gehämmert hatte ein specifisches Gewicht von . . . . 11·3653

8. Dichte des Stückes 1 bei 0° C. (gerechnet) . . . 11·3739

Mithin konnte die intensivste Bearbeitung nicht eine solche Volumänderung hervorbringen, wie selbe bei der Abkühlung um 20° C. erzielt wird. Die Volumänderung, welche die Bearbeitung erzielte, ist allerdings anderer Natur, denn sie ist keine vorübergehende, aber sie betrug im Maximum doch nur $^{11}/_{11354} \doteq {}^{1}/_{1000}$. Aehnliche Versuche wurden bei Kupfer mit einer Volumverminderung von nur $^{1}/_{1286}$ durchgeführt.

K a u t s c h u k (vulcanisierter) ergab bei Druckversuchen eine Volumvermehrung von $^{1}/_{2000}$; bei Zugversuchen, und zwar bei der Dehnung auf die $2^{1}/_{3}$fache Länge, eine Volumvermehrung von nur $^{1}/_{1250}$. Diese Versuche wurden mit entluftetem Kautschuk (derselbe unter Wasser und unter die Glocke der Luftpumpe gebracht) ausgeführt.

Der Kautschuk kann seine Gestalt elastisch sehr bedeutend ändern, sein Volumen nicht. Dies erklärt die Nothwendigkeit, be allen Constructionen, wo man Kautschuk-Cylinder oder Ringe als Puffer verwendet, k e i n e n seitlichen, dichten Umschluss anzuwenden, denn es muss annähernd der Querschnitt um so viel zunehmen können als die Höhe abnimmt.

Bei den Formänderungen jener Materialien, welche den Raum stetig erfüllen, kann daher mit grosser Annäherung von Constanz des Volumens gesprochen werden.

Ueber den Einfluss der Geschwindigkeit.

Der Einfluss der Grösse der Geschwindigkeit lässt sich weder für die Art einer Formänderung noch für den zu überwindenden Widerstand durch einen einfachen Satz allgemein angeben. Dieser Einfluss ist mannigfach, sowohl nach der Natur des Materials, als nach dem Grade der Geschwindigkeit.

Insoweit die gleiche Formänderung langsam oder mit mässigen Geschwindigkeiten (etwa $^1/_{100}$ bis $^1/_{10}\,m$) erzielt wird, ergibt sich wohl stets ein Mehrbedarf an Arbeit für die raschere Leistung; derselbe ist bei verschiedenen Materialien verschieden, nicht bedeutend und scheint seinen Grund in den grösseren Beschleunigungen der fliessenden Massentheilchen zu haben.

Am auffälligsten äussert sich der Einfluss der Zeit bei Blei und Zinn. Unter derselben Belastung tritt bei Blei, durch mehrere Stunden andauernd, noch Formänderung ein, während bei Eisen, Kupfer, Bronze, Messing und anderen Metallen wenige Secunden nach aufgegebener Belastung jene Formveränderung erzielt ist, welche der Pressung das Gleichgewicht hält. Bauschinger hat im 20. Hefte seiner „Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium an der technischen Hochschule in München" gezeigt, dass bei langdauernder Einwirkung derselben Belastung die gleiche Formänderung bei Blei mit einem um etwa 10% geringeren Arbeitsaufwande erzielt werden kann, als bei kürzerer Einwirkungszeit, beziehungsweise rascherer Steigerung der Belastungen.

Bei Formänderungen unter Schlagwerken, bei welchen die Geschwindigkeit zwischen den Grenzen von etwa 3 bis 10 *m* schwankt ($v = \sqrt{2gh}$; $h = \frac{1}{2}$ bis 5 m), haben Schlagversuche*) ergeben, dass die Formänderung dann dieselbe ist, wenn die aufgewendete Schlagarbeit (Product aus Hammergewicht mal Fallhöhe) die gleiche ist. Innerhalb dieser beiläufigen Grenzen ist also die Verschiedenheit der Geschwindigkeit von keinem merklichen Einflusse. Die Vergleichungsversuche fanden mit gleichen Probekörpern und gleicher Form der Schlagflächen statt.

Nach dem an früherem Orte Gesagten braucht wohl nicht hervorgehoben zu werden, dass dieselbe Schlagarbeit, bei verschiedener Form der Schlagflächen (Hammer und Ambossbahn) sehr verchiedene Wirkungen hervorbringen kann. Bei sehr grossen Geschwindigkeiten (300—500 *m*), wie sie Projectile (Geschosse der Gewehre und Kanonen) besitzen, treten Formänderungserscheinungen von ganz anderer Natur auf, als sie bei geringen Geschwindigkeiten sich zeigen.

Eine dünne, an Schnüren aufgehängte Glasscheibe wird von dem Projectile eines Gewehres durchschossen, ohne dass die Glasscheibe ins Pendeln kommt. Offenbar reicht die ausserordentlich kurze Zeit der Einwirkung (bei $v = 300\,m$ und 1 *mm* Dicke der

*) Siehe „Das Gesetz der proportionalen Widerstände", S. 55.

Scheibe und 20 *mm* Projectillänge etwa $\frac{1}{15000}$ Secunde) nicht hin, die Kraftwirkungen im Material und dessen Aufhängung fortzupflanzen. Ist die Glasscheibe etwa 5 *mm* dick, so geht sie in Scherben.

Hängt man eine in einem Eisenreifen gefasste Scheibe plastischen Thones an langen Schnüren auf und durchschiesst man sie centrisch mit einem 11 *mm* Geschoss, so bildet sich ein Loch von etwa 80 *mm* Durchmesser, ohne dass die Scheibe ins Pendeln kommt. (Kleine Schwingungen sind nur Folge der Schwerpunktänderung.) Die überraschende Weitung des Schusscanales ist Folge der nahezu senkrecht gegen die Flugbahn gerichteten Massenbeschleunigung der ausweichenden, weichen Theilchen, nicht Folge der Luftwirkung; wie man sich durch einen zuerst zu durchschiessenden Papierschirm leicht überzeugen kann. Bei diesen hohen Geschwindigkeiten treten also ganz besondere Formänderungserscheinungen auf, Erscheinungen, welche bei mässiger Geschwindigkeit (10 bis 50 *m*) gar nicht oder wenig merklich auftreten. Vgl. Fig. 61.

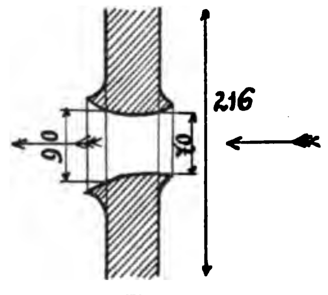


Fig. 61.

Der Einfluss der Geschwindigkeit bedarf noch eines weiteren Studiums.

Für die technische Praxis ist es von besonderem Belang, die Beziehung zwischen Druckarbeit und Schlagarbeit zu kennen, d. h. die Frage zu lösen, welche Arbeitsgrösse erforderlich ist zu langsamer, stetiger Formänderung bei sehr geringer Geschwindigkeit (meist weit unter $^1/_{10}$ *m*) und bei Anwendung von Stössen, beziehungsweise von Geschwindigkeiten des Schlagklotzes über 3 *m*. Man kann dies auch die Beziehungen von Druck und Stoss nennen.

Die für eine bestimmte Formänderung bei stetiger, sehr langsamer Umformung verbrauchte Arbeitsgrösse wird bei genauen Versuchen meist mittelst sogenannter Festigkeitsmaschinen ermittelt. Diese lassen die Bestimmung der auf das Arbeitsstück in jedem Stadium der Formänderung ausgeübten Pressung zu, und indem man die Zusammendrückungen als Abscissen und die Pressungen als Ordinaten (oder umgekehrt) aufträgt, bekommt man durch Verbindung der so gefundenen Punkte eine Fläche begrenzt, welche die Grösse der reinen Nutzarbeit (Nettoarbeit) darstellt, das sogenannte Arbeitsdiagramm.

Macht man hingegen den Versuch unter Anwendung von Stössen, so geschieht dies unter einem Schlagwerke und man

bestimmt gewöhnlich die aufgewendete Arbeit aus dem Producte des activen Hammergewichtes (Gewicht abzüglich Reibung) und der Hubhöhe, dies ist aber eine Bruttoarbeit, denn in ihr ist auch jene Arbeitsgrösse enthalten, welche in Form von Erschütterungen der Unterlage verloren geht und auch jene, welche unruhiger (wackelnder) Fall in den Führungen bedingt, von anderen Verlusten als Luftwiderstand, variable Reibung ganz abgesehen.

Durch diese Bestimmungsmethoden muss daher die Schlagarbeit immer grösser als die Nutzarbeit gefunden werden.

Ferner ist durch Versuche festgestellt, dass ein Schlag bestimmten Arbeitsvermögens eine weit ausgiebigere Formänderung hervorruft als mehrere Schläge von zusammengenommen derselben Schlagarbeit. Dies ist sehr wesentlich.

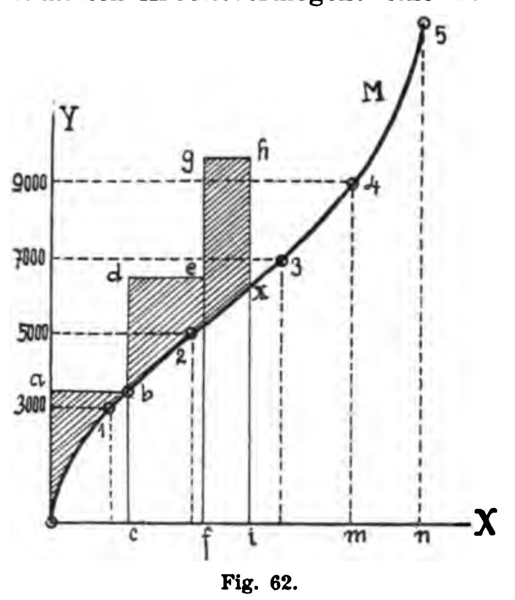


Fig. 62.

Sicher ist, dass es ein bestimmtes Verhältniss zwischen Druck- und Schlagarbeit nicht gibt, schon deshalb nicht, weil sich die verschiedenen Materialien verschieden verhalten, und weil sowohl erstere als letztere mit verschiedenen Geschwindigkeiten vor sich gehen kann. Zur beiläufigen Orientierung mögen folgende Druck- und Schlagversuche verglichen werden. Zwei congruente Kupfercylinder wurden, der eine auf der Festigkeitsmaschine durch Druck, der andere unter einem Schlagwerke guter Construction deformiert. Die Linie o 1 2 3 4 5 der obenstehenden Fig. 62 ist das Graphikon des Druckversuches; die Rechtecke o a b c, c d e f und f g h i stellen die Arbeitsgrössen dreier Schläge vor, welche eine Höhenänderung des zweiten Versuchsstückes, entsprechend o c, c f, f i bewirkten. Die Fläche o, 1, 2, 3, 4, 5 n o ist proportional der Druckarbeit für die gesammte Formänderung, o, 1, 2, x, i o der Druckarbeit bis zur Zusammendrückung um o i. Die Arbeitsgrösse der drei aufgewendeten Schläge oder die Schlagarbeit für dieselbe Zusammendrückung o i ist proportional o a b c + c d e f + f g h i. Hier verhält sich die Druckarbeit : Schlagarbeit = 1 : 1·5. (Die genauen Ver-

suchszahlen sind in den Technischen Blättern, Jahrgang 1886, S. 33, veröffentlicht.) — Jedenfalls ist ein Theil der Schlagarbeit, wenn auch nur ein kleiner Theil, durch die Erschütterungen der Unterlage (des Ambosses und der denselben tragenden Construction) verloren gegangen, und gelingt es bei dem gewöhnlichen Schlagwerke nicht, diesen Verlust zu bestimmen. Um denselben zu ermitteln, bedient man sich des ballistischen Schlagwerkes.

Bei dem ballistischen Schlagwerke sind sowohl der Amboss A als der Hammer H unter ihrer Schwerpunktsachse an je vier Schnüren so aufgehängt, wie dies die Fig. 63 erkennen lässt.*) In Folge der Parallelogramm-Aufhängung muss $\alpha\,\alpha$ auch in der Lage $\alpha'\,\alpha'$ horizontal, daher die Schlagfläche $m\,n$ stets vertical bleiben. Befestigt man an A das Arbeitsstück x, hebt man den

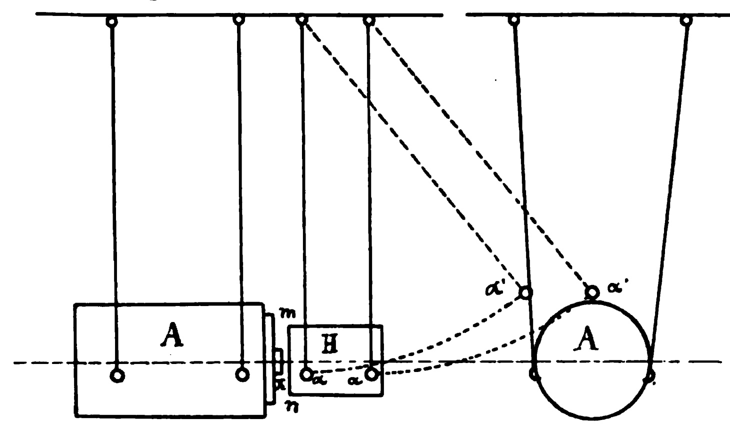


Fig. 63.

Hammer von $\alpha\,\alpha$ nach $\alpha'\,\alpha'$ und lässt ihn dann fallen, so erfolgt ein Stoss auf das Arbeitsstück, bei welchem ein Theil der lebendigen Kraft zu pendelnder Bewegung des Ambosses (Hub desselben) verbraucht wird.

Seien G_a und G_h die Gewichte von Amboss und Hammer, H_a und H_h die Hubhöhen derselben, so ist $G_h \,.\, H_h - G_a \,.\, H_a = A_1$, d. i. gleich der zur Formänderung verwendeten Arbeitsgrösse.

Die Arbeitsverluste, welche der Luftwiderstand und die Reibung im Gehänge bedingen, sind hierbei allerdings vernachlässigt. Sie betragen etwa 3%. In dieser Weise durchgeführte Versuche mit Kupfercylindern ergaben (bei 8 Schlägen von zusammen 130·91 *mkg* Arbeit, wobei das Ambossgewicht 103·69 *kg*, das Hammer-

*) Die eingehende Beschreibung dieses Apparates und der mit demselben gemachten Versuche finden sich in der Schrift „Das Gesetz der proportionalen Widerstände", S. 101.

gewicht 52·34 *kg* betrug) folgende Hauptresultate. Von der aufgewendeten Arbeit nahm der Amboss 32% auf, 68% beziehungsweise 65% (bei Abrechnung von Reibungswiderständen u. dgl.) wurden zur Formänderung gebraucht. Für dieselbe Formänderung wurde an der Festigkeitsmaschine 60 *mkg* Arbeit aufgewendet, während bei den Schlägen circa 89 *mkg* verbraucht wurden; es stellt sich das Verhältniss hier wie 1 : 1·48.

Mehrere Schläge wirken bei gleicher Gesammtarbeit minder günstig als ein Schlag, daher dieses Verhältniss noch nicht das Grenzverhältniss sein kann. Bei nur einem Schlage, dem ersten der Reihe, betrug das Verhältniss 9·0 : 12·19 = 1 : 1·35.

Alle diese Versuche zeigen, dass zu jeder raschen Formänderung mittelst Schlägen eine etwas grössere Arbeit erforderlich ist, als bei der Formänderung durch Druck, beziehungsweise bei langsamer Einwirkung.

Das ballistische Schlagwerk wurde auch zur Lösung der Frage verwendet, wie gross das Ambossgewicht im Verhältnisse zum Hammergewichte sein müsse, damit durch den Amboss möglichst wenig Arbeit verloren gehe.

Das Ergebniss dieser Versuche war, dass bei der Deformation von Kupfer bereits das Vierfache des Hammergewichtes als Ambossgewicht genügt, und dass die Praxis mit dem Acht- bis Zehnfachen sehr sicher geht (s. Technische Blätter 1886, S. 24).

Ueber die Zeit der Einwirkung von Stössen.

Die Dauer des Stosses harter, elastischer Körper, z. B. die Berührungszeit eines gegen einen Amboss schlagenden Hammers, ist ausserordentlich gering; sie beträgt nach den Versuchen Rob. Sabine's weniger als 0·0001 Secunde. Aber auch die Stossdauer bei der Deformation eines kleinen Kupfercylinders im gewöhnlichen oder im ballistischen Schlagwerke beträgt kaum 0·001 Secunde; sie lässt sich mit einem Stimmgabel-Chronographen, welcher 0·002 Secunden ablesen lässt, nicht mehr ermitteln.

Ja, selbst bei sehr bildsamen Materialien ist die Stossdauer eine kurze; sie betrug z. B. bei der Zusammenpressung eines Thoncylinders von 83·5 *mm* Höhe und 56 *mm* Durchmesser auf 12·5 *mm* Höhe und 145 *mm* Durchmesser mittelst des ballistischen Schlagwerkes nur 0·2 Secunden. (Näheres s. das Gesetz der proportionalen Widerstände, S. 103 bis S. 107, und Karmarsch-Heeren, Technologisches Wörterbuch, III. Aufl., Artikel Stoss.)

Die im fallenden Hammer aufgespeicherte Arbeitsgrösse wird innerhalb kleiner Wege aufgezehrt, und da der Hammer mit be-

deutender Geschwindigkeit sich bewegt, z. B. 10 *m*, so ist es nur natürlich, dass bei einer Formänderung von wenigen Millimetern die Zeitdauer der Einwirkung auch nur eine minimale sein kann. Dementsprechend hoch müssen aber auch die Pressungen sein, welche der Hammer auf den getroffenen Gegenstand ausübt und dies erklärt die ausserordentlichen Wirkungen dieses einfachen Werkzeuges.

Härte, Zähigkeit, Sprödigkeit.

Härte, Zähigkeit und Sprödigkeit sind allgemein bekannte, aber dennoch nicht scharf definierbare und auch nicht exact messbare Eigenschaften der Materialien.

Wir wissen, dass weiche und dabei zähe Körper (Thon, glühendes Glas, Blei etc.) sehr leicht in ihrer Form geändert werden können, dass harte und dabei spröde Materialien (glasharter Stahl, Granit etc.) eher brechen, als eine Verschiebung ihrer Massentheilchen zulassen und dass sie sich weit schwerer bearbeiten lassen, als jene immerhin auch spröden Materialien, Alabaster, Speckstein, Marmor etc., deren Härte eben gering ist.

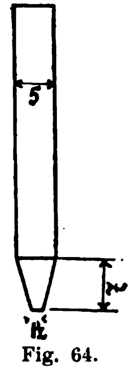


Fig. 64.

Was versteht man denn unter Härte? Den Widerstand gegen das Eindringen eines anderen, härteren Materials?

Die Mineralogie bestimmt die Härte nur relativ, durch das bekannte Ritzverfahren, sie definiert aber die Härte nicht.

Sucht man einen Körper zu biegen, bricht er jedoch vor Annahme einer merklichen Biegung, so nennen wir ihn spröde; lässt sich hingegen die Biegung ohne Bruch wiederholt vornehmen, so nennt man solchen Körper zähe.

Damit ist aber das Wesen dieser drei, für die technische Praxis ungemein wichtigen Begriffe nicht bestimmt; auch gelang es noch nicht, trotz der vielen hierher gehörigen Vorschläge, dieselben exact zu messen.

Schon gegen Ende der Fünfzigerjahre haben die Engländer Crace Calvert und Rich. Johnson versucht, die Härte ziffermässig zu messen. Sie drückten einen abgestutzten Kegel (Fig. 64) in das zu untersuchende Material und nahmen an, dass die Härte durch den Druck gemessen werden könne, welcher erforderlich ist, diesen Kegel in 30 Minuten auf 3·5 *mm* Tiefe, von der Endfläche gemessen, in das Probematerial einzupressen.

Dieses Verfahren führte zu folgender Reihe:

Roheisen, graues (Staffordshire, kalt geblasen, Nr. 3) 4800 Pfd. engl.
Stahl . . . . 4600 „ „
Stabeisen . . . . 4550 „ „
Platin . . . . 1800 „ „
Kupfer, reines . . . . 1445 „ „
Aluminium . . . . 1300 „ „
Silber, reines . . . . 1000 „ „
Zink . . . . 880 „ „
Gold . . . . 800 „ „
Kadmium . . . . 520 „ „
Wismuth . . . . 250 „ „
Zinn . . . . 130 „ „
Blei . . . . 75 „ „

An diese Tabelle knüpften die genannten Autoren die Bemerkung: „Diese Tafel zeigt eine sonderbare Thatsache, nämlich, dass das Roheisen härter ist als alle anderen Metalle, und obgleich wir Legierungen finden, die einen ausserordentlichen Härtegrad besitzen, so kommt doch keine dem Roheisen gleich."

Eigentlich hätten sie die Versuchsergebnisse belehren sollen, dass diese Methode der Härtebestimmung unrichtig ist.

In sachlicher Beziehung ist an Calvert-Johnson's Verfahren der Härtebestimmung sehr viel auszusetzen. Eine willkürlich gewählte Form des eindringenden Körpers und eine willkürlich gewählte Zeit liefert schliesslich Zahlen, welchen jede feststellbare Beziehung zu dieser Form und zu dieser Zeit mangelt. Calvert-Johnson leisten beim Eindringen des Kegelstutzes in das Probematerial eine gewisse mechanische Arbeit, aber sie messen dieselbe nicht, und was die Hauptsache ist, die Pressungen sind weit weniger von der Härte als von dem Widerstande der Massentheilchen gegen den Fluss abhängig.

Die Herren haben Bronze nach ihrer Methode untersucht und haben sehr interessante Ergebnisse gefunden, die in folgender Tabelle zusammengestellt sind. (Auch Legierungen aus Kupfer und Zink wurden untersucht und gaben ähnliche Ergebnisse.)

Formel	Zur normalen Eindrückung angewendete Belastung in Pfund engl.	Belastung beim Bruch	Formel	Zur normalen Eindrückung angewendete Belastung in Pfund engl.	Belastung beim Bruch
$Cu\ Sn_5$	400	—	$Cu_4\ Sn$	—	1300
$Cu\ Sn_4$	460	—	$Cu_5\ Sn$	—	1300
$Cu\ Sn_3$	500	—	$Cu_{10}\ Sn$	4400	—
$Cu\ Sn_2$	650	—	$Cu_{15}\ Sn$	3710	—
$Cu\ Sn$	—	700	$Cu_{20}\ Sn$	3070	—
$Cu_2\ Sn$	—	800	$Cu_{25}\ Sn$	2890	—
$Cu_3\ Sn$	—	800			

Die Legierungen Nr. 5 bis Nr. 9 zersprangen bei sehr geringem, ja Nr. 6 und 7 bei nicht wahrnehmbarem Eindringen des Kegels. Diese fünf Legierungen gaben nach Calvert-Johnson's Methode keine als Härtemass dienliche Zahl und wurden, wie man nach obigem Satze sieht, so behandelt, als wenn sie nicht vorhanden wären.

Uchatius setzte einen krummen Meissel mit stumpfer (abgerundeter) Schneide auf eine ebene Platte des zu prüfenden Materials und liess ein Gewicht (2 *kg*) aus bestimmter Höhe (0·25 *m*) darauf fallen. „Je länger die Kerbe ausfiel, desto weniger hart war das Metall." Die Meissel (Fig. 65) wurden aus einer Stahlscheibe geschnitten, die sich sehr genau durch Drehen herstellen liess, und nach gleicher Methode gehärtet. Für relativen Vergleich, in ihrer Anwendung lediglich auf mehr oder minder zähe Metalle, ist die Probe unbedingt sehr bequem und empfehlenswerth, als ein strenges Härtemass hat Uchatius diese Probe nie betrachtet.

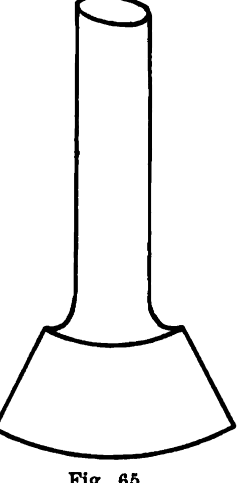


Fig. 65.

Statt eines Meissels benützte v. Kerpelli zur Härtebestimmung einen Kreiskegel und mass statt obiger Kerbenlänge den Durchmesser des Grundkreises des eingedrückten Hohlkegels.

Alle diese Methoden der Härtebestimmung, durch Eindrücken oder Einschlagen — fassen wir sie unter der Bezeichnung der Kerbenmethoden zusammen — besitzen für die absolute Härtebestimmung im Wesentlichen jene Mängel, welche bei Besprechung der Methode Calvert-Johnson hervorgehoben wurden.

Turner und Martens schlugen Ritzmethoden vor, deren Wesen darin besteht, dass ein conischer Diamant unter Druck über das zu prüfende Object geführt wird und hierbei feine Linien einreisst, welche einerseits von der jeweiligen Belastung, andererseits von der Härte abhängen. Jene Belastung des Diamantes, bei welcher eben noch sichtbare Linien (Turner) oder Linien bestimmter, mikroskopisch gemessener Breite (Martens) entstehen, sollte das Mass der Härte sein.

Gegen diese Methoden spricht der Umstand, dass gleich harte, aber einerseits spröde, andererseits bildsame Materialien, bei gleicher Belastung der Nadel nicht die gleiche Stichbreite geben. Beim Ritzen des bildsamen Materiales wird dasselbe zur Seite gedrängt

und hierdurch die Stichbreite vergrössert, während das spröde Material nur aussplittert (Fig. 66). Schon aus diesem Grunde ist dieses Ritzverfahren keine exacte Härtebestimmung, abgesehen davon, dass der Spitzenwinkel der Reissnadel von unbekanntem Einfluss ist. (S. Näheres: Mittheilungen der königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin 1890, S. 215; 1891, S. 277; Sitzungsbericht des

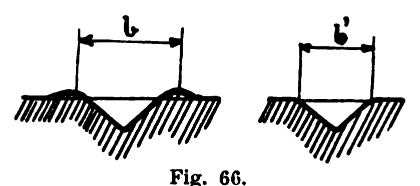


Fig. 66.

Vereines für Gewerbefleiss 1890, S. 11; Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereines, Heft 1, 1891.)

Sowohl die Kerbenmethoden, als die Ritzmethoden sind als absolute Härtebestimmungen nicht zu betrachten, ebensowenig sind

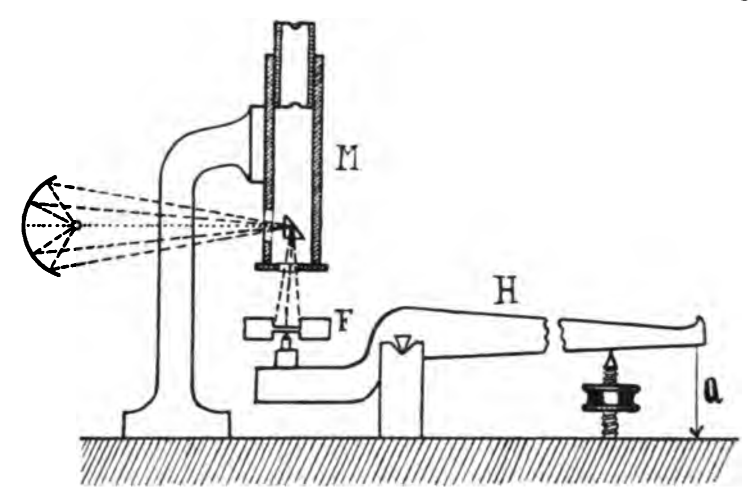


Fig. 67.

dies Schleifverfahren oder Bohrverfahren, welche auch zum Zwecke der Härtebestimmung in Anwendung kamen, und für verwandte Materialgruppen immerhin relativen Werth beanspruchen können.

Derzeit besitzt man noch keine praktisch brauchbaren, allgemein anwendbaren Methoden zur Härtebestimmung. Vielleicht werden sich die noch zu besprechenden beiden Methoden ausbilden lassen.

Prof. F. Auerbach erfand einen Apparat, mit welchem durchsichtige Körper auf ihre Härte in der Weise geprüft werden können, dass sie in eine Fassung *F* (Fig. 67) gespannt, von unten

dem Drucke einer harten Fläche von bestimmtem Krümmungsradius, angebracht an einem belasteten Hebel *H*, ausgesetzt werden; während von oben sowohl die Belichtung als die Beobachtung durch das Mikroskop *M* erfolgt. Jene Pressung, welche den Beginn einer bleibenden Formänderung ergibt, wird in rechnungsmässige Beziehung zur Härte gebracht und bestimmt das Mass derselben. (Annalen der Physik und Chemie 1891, S. 61; 1892, S. 262, und 1896, S. 357.) — Die Anwendung dieses Verfahrens erstreckt sich nur auf durchsichtige Körper und ist daher auf Metalle noch nicht verwendbar.

Prof. F. Auerbach (Jena) gelangt zu folgender Härtescala, deren Zahlen Kilogramm pro 1 mm^2 bedeuten.

Talg	5	Glas	170 bis 210	Topas	525
Steinsalz	20	Apatit	237	Korund	1150
Kalkspath	92	Adular	253		
Flussspath	110	Quarz	308		

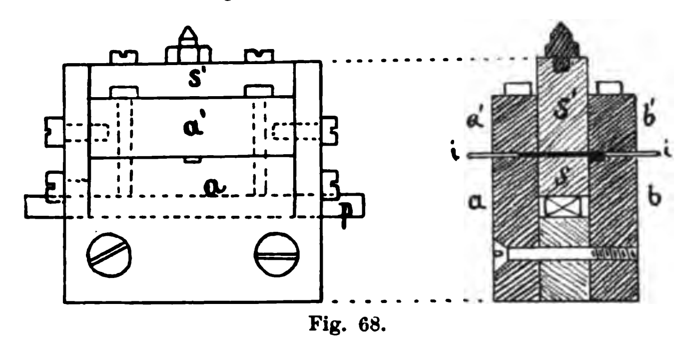


Fig. 68.

Prof. Kick stellte die Behauptung auf, dass die Härte proportional der Scherfestigkeit sei, und stützte diese Behauptung dadurch, dass die nach der mineralogischen Ritzmethode bei 25° C. als nahezu gleich hart sich erweisenden Körper Zinn und Schellack, ersteres bildsam, letzteres (bei gewöhnlicher Temperatur) spröde, die gleiche Scherfestigkeit besitzen.

Diese beiden Körper liessen sich in dem vorstehenden Versuchsapparate rein abscheren, denn es konnte mit diesen die vollkommene Ausfüllung der Querfurche durchgeführt werden, weil sich das Zinn eintreiben und der Schellack weich gemacht, eindrücken lässt. Eine richtige Schervorrichtung muss die Theile der Versuchsstücke in kräftiger, allseitiger Umschliessung halten, dass sie nach keiner Seite auszuweichen vermögen.

Diesen Zweck sollte nun die Vorrichtung Fig. 68 erfüllen. Zwischen den Wänden *a a'* und *b b'* lässt sich nach Wegnahme des Prismas *p* der Schieber *s s'* lothrecht herabdrücken. Ist das Prisma *p*

eingesetzt, so fällt eine in *a*, *b* und *s* angebrachte Querfurche von rund 1 *mm* Höhe und 2 *mm* Breite so zusammen, wie dies der Mittelschnitt darstellt. In diese Quernuth wird das abzuscherende Stück, welches als dicke schwarze Linie dargestellt ist, eingebracht. Nach Aufschrauben der Theile *a'*, *b'* und *s'* und Einsetzen der kleinen Stahlprismen *i*, *i* in den freigebliebenen Theil der Nuth, endlich nach Entfernung des Prismas *p* kann der Abscherversuch durchgeführt werden. Mit Zinn und Schellack, welche bei gewöhnlicher Temperatur sich gegenseitig ritzen, daher als gleich hart betrachtet werden können, ergab der Versuch gleiche Scherfestigkeit.*)

Da die reine Abscherung bei anderen spröden Materialien wegen der Schwierigkeit allseitiger dichter Umschliessung noch nicht gelang, so ist diese Härtebestimmungsmethode auch nur beschränkt, d. h. für bildsame Materialien verwendbar.

Das absolute Härtemessen gelang demnach bisher nicht. Es zeigte sich hierbei auffällig, dass die spröden Materialien sich stets anders als die bildsamen verhalten; und doch unterliegt es keinem Zweifel, dass es möglich ist, durch hinreichenden, allseitig zusätzlichen Druck spröde Materialien in den bildsamen Zustand überzuführen. Zwischen bildsamen und spröden Materialien findet zudem keine scharfe Scheidung statt, denn manches Material ist bei gewissen Temperaturen bildsam, bei anderen spröde, andere Materialien sind bei gewissem Wassergehalte bildsam, hingegen im trockenen Zustande spröde.

Albert Heim sprach in seiner Mechanik der Gebirgsbildung 1878 die Behauptung aus, dass viele Gesteine unter den hohen Pressungen, welche bei der Gebirgsbildung unzweifelhaft auftreten, in den bildsamen Zustand übergeführt worden seien.

Die erste Stütze der Heim'schen Behauptung ist die Betrachtung von Versteinerungen mit stetig abgeänderter Gestalt; wenn z. B. ein Ammonit statt in seiner natürlichen Form oval verdrückt gefunden wird, aber so, dass die Wandungen desselben im Schnitte (Schliffe) doch wieder eine continuierliche Linie bilden, so kann diese Formänderung nur dadurch zustande gekommen sein, dass das den Ammoniten füllende und umgebende bereits erhärtete Gestein unter dem hohen Drucke einer Verquetschung, ähnlich einer bildsamen Masse, unterworfen war; denn wäre die umhüllende und füllende Masse noch im weichen Zustande (Sediment) gewesen, so hätte ein Bruch der Wandungen des Schneckengehäuses

*) S. Sitzungsbericht vom 6. Januar 1890 des Vereines für Beförderung des Gewerbefleisses in Preussen.

stattfinden müssen, und dieser Bruch müsste zu den mannigfachsten Unterbrechungen und Störungen der Wandungsspirale führen. Die Stetigkeit der Gestaltsänderung der spiralen Wand ist daher ein Beweis, dass das Gestein bereits fest war, jedoch unter den ausserordentlichen Kräften bildsam wurde.

Hielte man die oval gedrückten Ammoniten für zufällige Missbildungen, so müssten sich solche doch auch unter den lebenden Nautilen und Schnecken finden, was nicht der Fall ist.

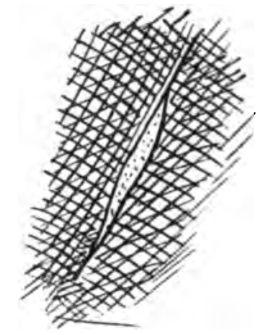


Fig. 69.

Es kommen nicht selten in den Gesteinen Adern vor, welche gleichbedeutend mit Spalten sind, die nachträglich durch Calcit oder andere Füllstoffe ihre Füllung erlangten, und diese Adern weisen oft ungleiche Dicke auf und laufen in Spitzen aus, wie dies z. B. Fig. 69 andeutet.

Eine solche Zerklüftung und Spaltenbildung, solch allmähliches Auslaufen oder Auskeilen der Adern, lässt sich nun nicht denken, wenn die wirkenden Kräfte das Gestein in Pulver verwandelt haben, sondern nur, wenn die, die Spalte umgebenden

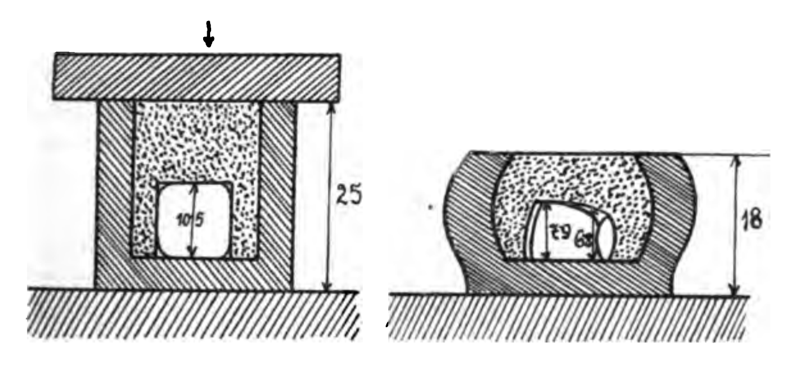


Fig. 70.

Massentheilchen eine bleibende Gestaltsänderung haben annehmen können. Ohne eine bleibende Aenderung der relativen Lage der Gesteinsmassentheilchen gegeneinander kann die Bildung eines sich auskeilenden Spaltes, beziehungsweise einer solchen Ader nicht eintreten, und daher muss das spröde, sich zerklüftende Gestein doch zugleich eine gewisse Bildsamkeit besessen haben.

Die Heim'sche Behauptung wurde durch Kick experimentell bestätigt.

Es wurden Stängelchen verschiedener spröder Materialien (Steinsalz, krystallisierter Gyps, Speckstein) mit Schellack, in kurze verspundete Gasrohrstücke eingeschmolzen. Nach dem Erkalten wurden die Rohrstücke gebogen, hierauf der Schellack durch Alkohol entfernt, und so gebogenes Steinsalz, Marienglas, Talk u. s. w. erhalten. Des weiteren wurde ein Steinsalzkrystall in eine Kupferhülse mit Schellack eingeschmolzen, das Ganze so deformiert, wie Fig. 70 dies zeigt.

Nach Entfernung des Schellacks wurde der deformierte Krystall, welcher durchscheinend blieb, rein und ohne jeden Sprung erhalten.

In nur wenig abgeänderter Durchführung wurden auch Marmorkugeln in einer kräftigen Kupfer- oder Messinghülse (kurzes massives Rohr mit angelöthetem Weissblechboden) mit Schwefel, später, was viel praktischer ist, mit geschmolzenem Alaun umgossen. Der Alaun kann nach der durchgeführten Formänderung in Wasser gelöst werden, wodurch der deformierte Marmor in einfachster Weise frei wird, während bei der Umhüllung mit Schwefel ein Abschmelzen und etwas umständliche Reinigung erforderlich ist. Die Formänderung der combinierten Versuchskörper erfolgte durch Zusammendrücken zwischen parallelen Platten mittelst der hydraulischen Presse.

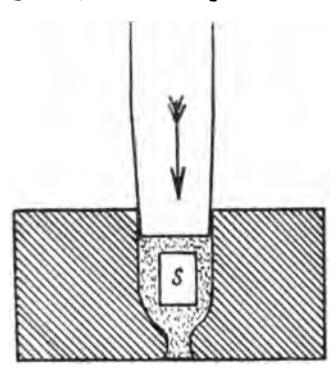


Fig. 71.

Es ist nicht nothwendig, als erstes Umschlussmaterial eine feste Substanz zu wählen, es kann dies auch eine Flüssigkeit sein, wenn es nur gelingt, die Formänderung in der unter genügender Pressung stehenden Flüssigkeit durchzuführen. Für sehr hohe Flüssigkeitspressungen ist es bisher nicht gelungen, die nöthige Dichtung zu erzielen, für etwa 36 Atmosphären, welche für Steinsalzkrystalle hinreichen, gelang dies genügend, und die Formänderung konnte ohne Bruch in Oel ausgeführt werden. Hierüber wurde in einem Vortrage im Vereine für Gewerbefleiss in Preussen am 6. Januar 1890 Mittheilung gemacht (s. Sitzungsbericht, S. 14).

Gerade durch die Anwendung einer Flüssigkeit zum ersten Umschlussmaterial ist am besten bewiesen, dass ein bestimmter allseitiger Druck den spröden Körper in den bildsamen Zustand überführt, in welchem Zustande es dann möglich wird, durch weitere mechanische Einwirkung Formveränderungen zu erzielen, wie sie sonst nur bei bildsamen Körpern möglich sind. In schöner Weise

wird diese Thatsache weiter durch den folgenden Versuch bestätigt.

In die Bohrung des Stahlkörpers (Fig. 71) wurde der mit Stearin umgossene Steinsalzcylinder *S* eingesetzt und nach erfolgter Abkühlung durch Eindrücken des Stahlstempels *P* zum Ausfluss aus der Bodenöffnung gebracht. Zuerst fiel Stearinpulver, hierauf Steinsalzpulver aus. Nun wurde der Versuch unterbrochen, der Stempel herausgezogen und der Rest des Steinsalzes, welches den conischen Theil der Bohrung und ein kleines Stück des cylindrischen Theiles noch füllte, durch Erwärmen des Stahlstückes, wodurch das Stearin schmolz, freigemacht. Das Steinsalzstück zeigte den Zustand früherer vollkommener Bildsamkeit. Es ist früher, d. h. während der Pressung, im Zustande des Flusses seiner Theilchen gewesen, jene Theilchen aber, welche der Ausflussöffnung nahe kamen, an welcher kein, oder richtiger nur der atmosphärische Gegendruck herrschte, sprangen ab und fielen als Pulver oder kleine Bruchstückchen, letztere mit deutlich blätterigem Gefüge, durch die Ausflussöffnung aus.

Was Heim zuerst behauptete, ward also durch verschiedene Versuche bestätigt. Spröde Materialien, unter allseitigem Drucke, dessen Höhe von dem Grade der Sprödigkeit abhängig sein wird, lassen sich in den bildsamen Zustand überführen, und demnach lag auch der Gedanke nahe, oder schien nicht ausgeschlossen, spröde Materialien zu prägen. Die allseitige, genügend hohe Pressung sollte dadurch erzielt werden, dass die Vertiefungen des Prägestempels und der Zwischenraum zwischen Prägstück, Prägring und Stempel mit einer Flüssigkeit ausgefüllt wird, welche eines ziemlich bedeutenden Druckes bedarf, um zwischen Prägring und Stempel, die mit etwa 0·05 *mm* Spielraum zusammenpassen, auszufliessen. Je spröder das zu prägende Stück, desto höher müsste der Flüssigkeitsdruck, daher auch desto zäher die anzuwendende Flüssigkeit sein.

Nach diesem Grundgedanken wurden Prägeversuche mit Meerschaum, Bernstein, Elfenbein, Horn, Perlmutter und Marmor durchgeführt, welche schliesslich bei Meerschaum und Elfenbein vollkommen, bei Perlmutter und Marmor ungenügend, aber auch insoweit gelangen, dass bei vollständiger Erhaltung des Materialzusammenhanges eine schwache Prägung erreicht wurde. (S. Näheres in der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Bd. 36, S. 919.)

Die vorbesprochenen Versuche lassen den Schluss zu, dass man den Grad der Sprödigkeit mit der Höhe des zusätzlichen Druckes, welcher das Material bildsam macht, einst wird messen können.

Feine Pulver und körnige Materialien verhalten sich gegen Kräfte, insbesondere gegen Pressungen, wesentlich anders als bildsame und spröde Materialien und wird hierüber in jenem Abschnitte, welcher vom Pressen handelt, gesprochen werden.

Wäre die mechanische Technologie schon zur exacten Wissenschaft geworden, so müsste es möglich sein, auf Grund der Kenntniss gewisser Materialeigenschaften (Härte, Sprödigkeit etc.) die zu den Formänderungen erforderlichen Arbeitsgrössen zu bestimmen. Dann wäre es möglich, die Hauptgattungen der Formänderungsarbeiten wissenschaftlich abzuhandeln. Von diesem Vorgange muss aber derzeit noch abgesehen werden.

Ausser den bereits angegebenen Quellen sei noch auf nachstehende Abhandlungen und Werke verwiesen:

Ernst Hartig, über den Gebrauchswechsel des Werkzeuges. „Civil-Ingenieur", Bd. 34.

Ernst Hartig, über Allgemeinbegriffe der mechanischen Technik. „Civil-Ingenieur", Bd. 30.

Ernst Hartig, Studien in der Praxis des kaiserlichen Patentamtes. Leipzig, Arthur Felix 1890.

A. Martens, über Schlagversuche. Mittheilungen aus den königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin 1891, Heft 1 und 2.

G. Müller, der Stosswiderstand fester Körper. Leipzig 1892.

Obermayer, über das Abfliessen geschichteten Thones an eindringenden Körpern. Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Bd. 72.

Hugo Fischer, Untersuchungen über das mechanische Verhalten von Thon. „Civil-Ingenieur", Bd. 31.

Franz R. v. Uchatius veröffentlichte einen Theil seiner Untersuchungen in den „Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Genie-Wesens" in der Zeit von 1860 bis 1880; theilweise übergegangen in Dingler's polytechnisches Journal.

Ph. Forchheimer, über Sanddruck und Bewegungserscheinungen im Inneren trockenen Sandes. Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines 1883.

Prante, Messungen des Getreidedruckes gegen Silo-Wandungen, Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Bd. 40.

Ernst Mach, zur Mechanik der Explosionen. Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Bd. 92, 1885, Juliheft.

Reyer, Ursachen der Deformationen und der Gebirgsbildung. Leipzig, Engelmann 1892.

II. Theil.

Von den wichtigsten Rohmaterialien des Maschinenbaues.

Das Eisen.*)

Das Wort „Eisen" bezeichnet kein einheitliches Material, denn unter demselben versteht die technische Praxis nicht chemisch reines Eisen *(Fe)*. Jedermann weiss vielmehr, dass das Eisen, dieses für die Cultur und Volkswirthschaft der Völker so hochwichtige Metall, in zwei streng von einander unterschiedenen Hauptgattungen in den Handel gebracht wird; als schmiedbares Eisen (Stahl und Schmiedeeisen) und als Roheisen, letzteres, sofern es bereits durch den Process des Schmelzens und Giessens zu Gebrauchsgegenständen verarbeitet worden war, auch Gusseisen genannt. Der charakteristische Unterschied ist durch die Benennungen angedeutet; das schmiedbare Eisen ist — vorwiegend in der Glühhitze, in gewissem Grade aber auch bei gewöhnlicher Temperatur — geschmeidig, dehnbar und lässt sich in Folge dieser Eigenschaft unter Einwirkung äusserer mechanischer Kräfte (Druck, Zug) in seiner Form verändern; das Roheisen hingegen hat durch Aufnahme grösserer Mengen fremder Körper seine Geschmeidigkeit in solchem Masse verloren, dass eine Formgebung in ungeschmolzenem Zustande ausgeschlossen ist; aber sein Schmelzpunkt, bei 1400° C., liegt niedriger als der des schmiedbaren Eisens, und zum Theile beruht in dieser Thatsache die leichtere Verwendbarkeit desselben zur Giesserei Hauptsächlich ist es der grössere Kohlenstoffgehalt des Roheisens, welcher dieses abweichende Verhalten hervorruft; die Grenze zwischen

*) Wir folgen in diesem Abschnitte zum grossen Theile einer trefflichen Abhandlung des „Vereines deutscher Eisenhüttenleute in Düsseldorf", welche als „Gemeinfassliche Darstellung des Eisenhüttenwesens" bereits in 3. Auflage erschienen ist. Düsseldorf, A. Bagel.

Als besonders empfehlenswerthes Werk über Eisen ist Wedding's Eisenhüttenkunde, Berlin 1891—96, hervorzuheben. Andere Werke werden später genannt.

Roheisen und schmiedbarem Eisen liegt durchschnittlich bei einem Kohlenstoffgehalte von 2·3%, kann aber durch die Gegenwart anderer fremder Körper neben dem Kohlenstoffe im Eisen leicht um einige Zehntel Procente verschoben werden. Obschon bei dem jetzigen Standpunkte des Eisenhüttengewerbes das Roheisen erst als Material für die Darstellung der überwiegend grössten Menge schmiedbaren Eisens benützt wird, entstammt die Darstellung des Roheisens doch einer weit jüngeren Zeit als die des schmiedbaren Eisens. Letzteres, durch einen Reductionsprocess bei Gegenwart eisenoxydreicher Schlacken unmittelbar aus den Erzen gewonnen, war schon zu Homer's Zeiten den Culturvölkern des Alterthums bekannt, wenn auch sein relativer Preis weit höher stand als jetzt. Roheisen wurde erst gegen das Ende des Mittelalters, im 15. Jahrhundert bekannt, und die Erfindung seiner Darstellung wird eher einem Zufalle als einer Absicht zu danken sein. Indem man in den für die Darstellung schmiedbaren Eisens benützten „Wolfsöfen" eine stärker reducierende Atmosphäre erzeugte, erhielt man statt des schmiedbaren „Wolfs" flüssiges Roheisen, dessen Aggregatzustand es sofort als ein geeignetes Material für die Giesserei kennzeichnete. Erst später lernte man durch einen oxydierenden Process (Frischprocess) die fremden Bestandtheile des Roheisens wieder abzuscheiden und es dadurch in schmiedbares Eisen umzuwandeln.

Der heutige Stand der Eisenindustrie ist der, dass aus Eisenerzen in Hochöfen Roheisen gewonnen, und dieses einerseits in Cupol- und Flammöfen zu Gusswaaren verschmolzen, andererseits in Puddelöfen zu „Schweisseisen", oder im Bessemer-Converter zu „Flusseisen", beziehungsweise „Flussstahl" umgewandelt wird. Durch geeignete Mischungen in Tiegeln oder Flammöfen (Siemens-Martin) wird Gussstahl erzeugt, auch kann auf diese Weise „Flusseisen" dargestellt werden.

Die ältere Nomenclatur unterschied: *Roheisen* mit einem Kohlenstoffgehalt von 2·3 bis 5%, *Schmiedeeisen* mit einem Kohlenstoffgehalt von 0·1 bis 0·5% und endlich *Stahl* mit einem Kohlenstoffgehalt von 0·5 bis 2·3%.

Die Erfindungen des Bessemer- und Siemens-Martinprocesses sowie deren weitere Ausbildung machten die früheren, heutzutage noch vielfach im gewöhnlichen Verkehre beibehaltenen Bezeichnungen unzureichend und hinfällig. Neuerdings einigte man sich über folgende Eintheilung:

- **Roheisen**
  - weisses
  - graues
- **Schmiedbares Eisen**
  - Schmiedeeisen
    - Schweisseisen
    - Flusseisen
  - Stahl
    - Schweissstahl
    - Flussstahl.

I. Roheisen.

a) Rohmaterialien.

Die Rohmaterialien zur Darstellung von Roheisen sind: 1. Kohle in Form von Holzkohlen, von Coaks (Kok) und Steinkohle (Anthracit); 2. Eisenerze; 3. Kalkstein (und andere Zuschläge). Das urspüngliche alleinige Brennmaterial, die Holzkohle, spielt nur mehr eine untergeordnete Rolle; es verschwindet die Menge des mit Holzkohle erblasenen Roheisens gegenüber dem mit Coaks und Anthracit dargestellten.

Nur wenige Gegenden, z. B. Schottland und der Staat Pennsylvanien in Nordamerika, besitzen in ihren Anthracitkohlen ein für die unmittelbare Verwendung im Hochofen geeignetes Brennmaterial, an den meisten Stellen muss die Steinkohle erst vercoakt werden, um die nöthige Beschaffenheit für den Hochofenprocess, hinreichende, stückige Festigkeit bei entsprechender Porosität und Reinheit zu gewinnen. Zum Vercoaken eignen sich nur gewisse Kohlensorten, die kohlenstoffreichen, sogenannten „fetten" Kohlen, mit einem mittleren Gehalte von 89% Kohlenstoff, 5% Wasserstoff und 6% Sauer- und Stickstoff, ohne Berücksichtigung der unorganischen Bestandtheile. Die Förderkohlen enthalten mehr oder minder viel Schiefer und haben keineswegs die zur Vercoakung geeignete Feinheit. Man trennt daher in besonderen Aufbereitungsanstalten*) die Kohlen je nach ihrer Stückgrösse, entfernt mittelst sogenannter Setzkasten die schiefrigen Bestandtheile und mahlt die Kohlen zu einer geeigneten Feinheit herunter. In den eben erwähnten Setzkasten wird durch einen intermittierenden Wasserstrom die specifisch leichtere Kohle weggeschwemmt, während die schwereren Schiefer sich unten ansammeln und zeitweise entfernt werden. Früher behandelte man nur die sogenannten „Nusskohlen" in den Setzkasten, neuerdings aber auch die feinen Staubkohlen. Es gelingt, den Aschengehalt auf 4% und darunter zu bringen. Die gleiche Sorgfalt verwandte man auf die Ofenanlagen zur Vercoakung. Die Brennzeit des Kohlenklein beträgt je nach Construction der Oefen neueren Systems 24 bis 48 Stunden und das Ausbringen an Coaks gewöhnlich über 70%.

Die zur Eisenerzeugung verwendeten Erze sind vorwaltend Eisenoxyde oder doch solche Verbindungen, welche sich durch Rösten in Oxyde verwandeln lassen.

---

*) Näheres hierüber in dem hervorragenden Werke: Prof. Dr. E. F. Dürre, die Anlage und der Betrieb der Eisenhütten. Leipzig 1882 bis 1892 und in Prof. Dr. E. F. Dürre, die neueren Coaksöfen. Leipzig 1892.

Das Eisen ist enthalten als Oxydul-Oxyd im Magneteisenstein, als Oxyd im Eisenglanz und Rotheisenstein, als Eisenoxydhydrat in den älteren und jüngeren Brauneisensteinen, als kohlensaures Eisenoxydul im Spat-, Thon- und Kohleneisenstein, in allen Fällen aber mehr oder minder von anderen Stoffen, wie Thon-, Kalk- und Kieselerde, Magnesia, Mangan, Phosphor, Schwefel, Arsen u. s. w. begleitet. Schwefel und Arsen können zum Theile durch entsprechenden Kalkzuschlag entfernt werden, nicht aber Phosphor, der stets ganz ins Roheisen tritt und dasselbe bei einem bestimmten Procentgehalte zu gewissen Zwecken, z. B. für bessere Schmiedeeisensorten und Stahl, unbrauchbar macht, wenn nicht zur Ueberführung des Roheisens in schmiedbares Eisen der Thomasprocess verwendet wird. Im Gegensatze hierzu ist ein Mangangehalt im Eisenerz sehr beliebt, weil er die Darstellung von werthvollen Roheisensorten, wie strahliges und Spiegeleisen oder gar Ferro-Mangan, ermöglicht. Manche Erze werden vor dem Transporte und der Verhüttung einem Röstprocess, d. h. einer mässigen Erhitzung (Rothglut) unterworfen; dahin gehören die Kohlen- und Spateisensteine, also kohlensaure Eisenoxydule, welche durch die Röstung in offenen Haufen oder geschlossenen Oefen in Eisenoxyde umgewandelt werden. Man reichert die Erze an, infolgedessen der Transport billiger ist, und treibt die unbequeme Kohlensäure aus, welche im Hochofen die Brennbarkeit der entweichenden und aufgefangenen Gase beeinträchtigt. Brauneisensteine verlieren durch Rösten das chemisch gebundene Wasser. Der Werth eines Eisenerzes hängt ab von seinem Eisengehalte und der Abwesenheit schädlicher Bestandtheile.

Die anderen Beimengungen, wie Kalk-, Thon-, Kieselerde, Magnesia u. s. w. sind nicht unmittelbar schädlich, vermindern aber den Werth, weil sie meist unter Zuschlag von Kalk zu Schlacken geschmolzen werden müssen. Gewöhnlich ist ein Ueberschuss an Kieselerde, also einer Mineralsäure, vorhanden und muss durch Zuschlag von Kalkstein an eine Mineralbase gebunden werden, um eine hinlänglich schmelzbare Schlacke zu bilden und so die Ausscheidung des flüssigen Roheisens zu gestatten und das letztere vor einer erneuten Oxydation, d. h. vor Aufnahme von Sauerstoff zu schützen. Soll die Schlacke ein Singulosilicat sein, d. h. sollen Säuren und Basen der Schlacke gleiche Sauerstoffmengen enthalten, so erfordert jeder Gewichtstheil ungesättigter Säure im Erz einen Zuschlag von $3^1/_4$ Gewichtstheilen von kohlensaurem Kalk. Erze unter $35^0/_0$ Eisengehalt und über $20^0/_0$ Kieselerdegehalt, welcher nicht durch die gleichzeitige Anwesenheit von Basen neutralisiert ist, er-

scheinen dem Hüttenmann bedenklich und stehen an der Grenze einer nutzbringenden Verhüttbarkeit.

Die weitere Verarbeitung des Roheisens zu Schmiedeeisen und Stahl erfordert eine so grosse Menge an Kohle, dass in der Regel Puddel-, Schweiss- und Stahlwerke sich nur in der Nähe der Kohlenbecken ansiedéln. Beim Roheisen liegt die Sache etwas anders. Ein Hochofenwerk wird zweckmässigerweise in der Nähe des Erzvorkommens errichtet, wenn die Transportkosten von Coaks nach der Hütte und des Roheisens nach der Verbrauchsstelle zusammen geringer sind als diejenigen der Eisenerze nach der Verbrauchsstelle des Roheisens, welche gewöhnlich im Kohlenrevier liegt.*)

b) Hochofenbetrieb.

Die Darstellung des Roheisens erfolgt in Hochöfen. Von unten anfangend, besteht das Innere eines Hochofens zunächst aus einem kurzen Hohlcylinder, dem Gestell, einem sich daran schliessenden, auf dem Kopfe stehenden, abgestumpften Hohlkegel, der Rast, und einem, die Fortsetzung bildenden, auf seiner Grundfläche stehenden, grösseren Conus, dem Schachte. Die grosse Kreisfläche, in welcher beide Kegel zusammenstossen, wird Kohlensack, die obere Mündung des Schachtes Gichtöffnung oder kurzweg Gicht genannt. Das auf dem Bodenstein stehende Gestell, in seinem unteren Theile Eisenkasten genannt, ist cylindrisch. Die Wände und der Boden sind aus besten, feuerfesten Steinen hergestellt. Der Schacht ist unter den Zusammenstoss mit der Rast fortgesetzt und steht bei den neueren Contructionen auf einer sehr starken, ringförmigen Gussplatte, welche durch kräftige Säulen oder Ständer getragen wird. Schacht, Rast und Gestell sind durch schmiedeeiserne Ringe gebunden; das sogenannte Gichtplateau ist bei den neueren Hochöfen für sich durch entsprechende Eisenconstruction getragen. Die meist in einer Reihe stehenden Hochöfen sind untereinander und mit den Aufziehthürmen für die Materialien, Gichtthürme oder Gichtaufzüge genannt, verbunden. In einer Höhe von 1 *m* über dem Boden befinden sich im Gestell sieben fensterartige Oeffnungen, einer regelmässigen Achttheilung im Grundrisse entsprechend. Die achte Oeffnung fehlt, an deren Stelle ist eine etwas tiefer liegende ähnliche Oeffnung angebracht. Die sieben

*) England und Schottland behaupten den Vorrang auf der ganzen Welt, weil sich dort die Grundlagen einer gedeihlichen Entwickelung in den denkbar günstigsten Transportverhältnissen begegnen und durch die glückliche insulare Lage, sowie eine seit langer Zeit auf die Handelsweltherrschaft gerichtete kluge selbstsüchtige Politik unterstützt werden.

ersten dienen zur Aufnahme der Blaseformen (Formen), die achte, tiefer liegende, für die Schlackenform.*) Die Blaseformen sind doppelwandige Hohlkegel aus Bronze oder Kupferblech, welche etwas mit ihrem Mundstück in den Ofen hineinragen, durch einen beständigen Wasserstrom gekühlt und nach dem Einlegen in die

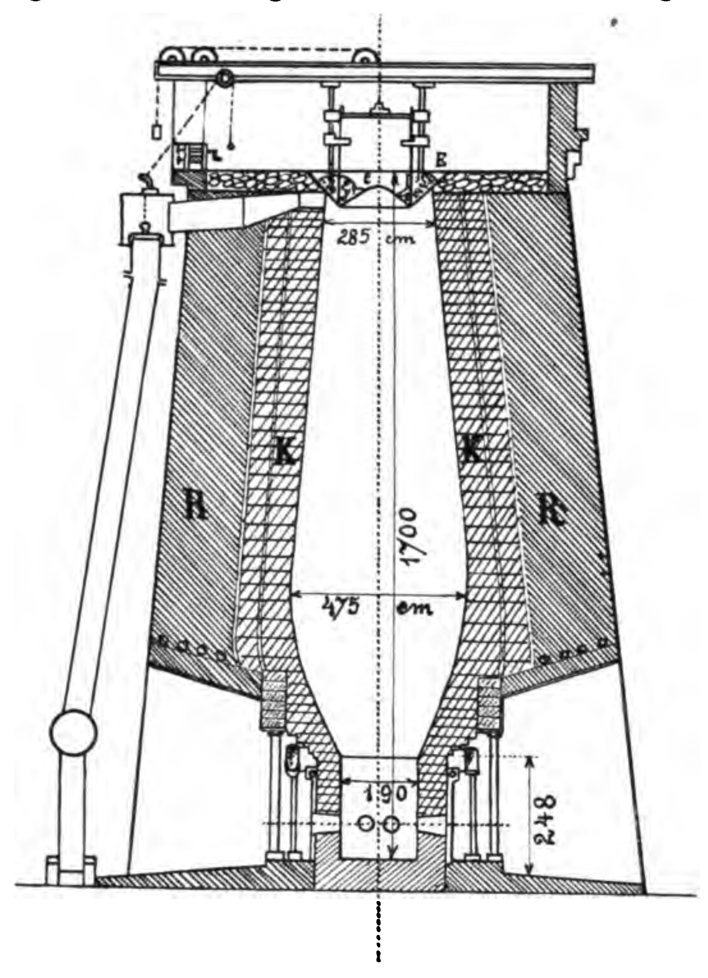


Fig. 72. Hochofen aus dem Jahre 1865 mit geschlossener Brust, Schlackenform, gekühltem Gestelle, Gichtabschluss und Rauhgemäuer R, Kernschacht K.

Formöffnungen, Kapellen von den Schmelzarbeitern genannt, mit feuerfesten Steinen und Thon dicht umstampft werden. In jede,

*) Durch die Einführung der Schlackenform von J. Lürmann in Osnabrück konnte das Gestelle geschlossen werden, was einen wichtigen Fortschritt bildete. Dingler, polytechn. Journ., Bd. 194, S. 106, und Bd. 221, S. 28.

mit ihrer Achslinie 1·35 *m* über dem Bodensteine liegende Form ist ein kurzes Rohrstück, die **Düse**, gesteckt, welche sich häufig an einen beweglichen Düsenständer anschliesst. Durch eine Windleitung wird die gepresste Luft des Gebläses dem Düsenständer, oder direct den Düsen zugeführt. Im untersten Theile des

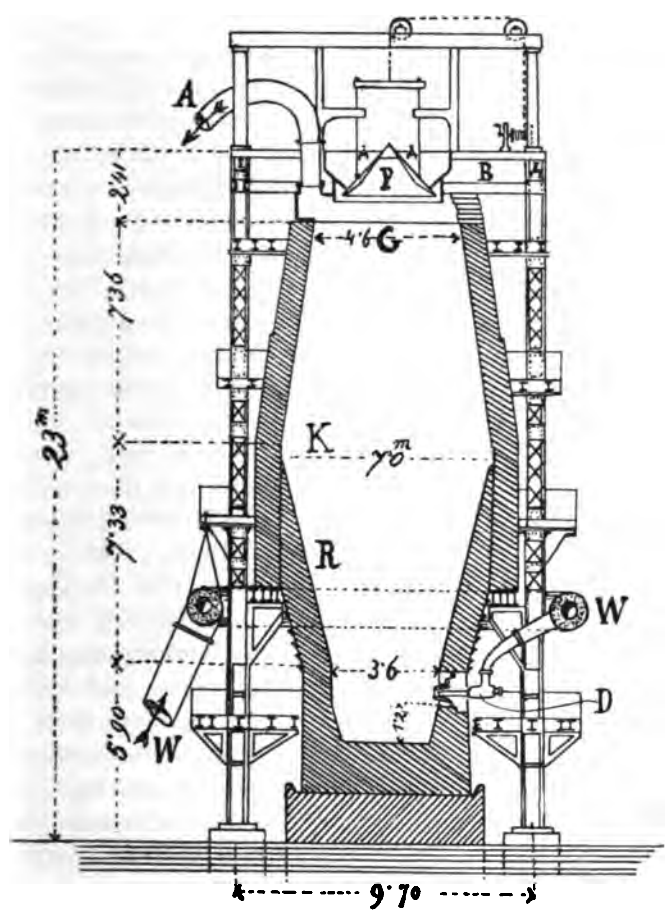


Fig. 73. Hochofen modernster Bauart. R Rast, K Kohlensack, G Gicht, P Parry'scher Trichter, B Gichtbrücke, W Windleitung, D Düse, A Gichtgas-Abzug.

Eisenkastens ist eine Oeffnung gelassen, das **Stichloch**, aus dem das angesammelte, flüssige Roheisen abgelassen werden kann, und das während des Betriebes mit thonhaltigem, feuerfestem Sand verschlossen bleibt.

Die Gicht der Hochöfen ist geschlossen und mit Einrichtungen versehen, um den grössten Theil der aus dem Ofen entweichenden brennbaren Gase aufzufangen und dieselben weiter zu verwenden

Die betreffenden Einrichtungen — Gichtabschluss — können aus einem in den Ofen hineinragenden, centralen Blechkegel, einen ringförmigen Canal zwischen Ofenwand und Blechkegel bildend, und dem Deckelverschluss bestehen, der beim Aufgeben der Materialien gehoben werden muss; dem sogenannten Parry'schen Trichter.

Der im Betriebe befindliche Hochofen ist mit abwechselnden Lagen von Coaks und Eisenerz nebst Zuschlag (Kalkstein) gefüllt. Die durch die Windformen eintretende Luft des Gebläses verbrennt den glühenden Coaks im Gestelle sofort zu Kohlensäure CO_2, und wird in der hohen Hitze das in der Rast und im Schachte vorbereitete (reducierte und gekohlte) Erz geschmolzen. Die im Kalkstein enthaltene Kalkerde $Ca\,O$, eine starke Base, verbindet sich mit den nicht gesättigten Mineralsäuren, hauptsächlich aus Kieselsäure $Si\,O_2$ bestehend, bildet mit Thonerdesylicat eine leicht schmelzbare Schlacke und scheidet das flüssige Roheisen aus, welches sich im tiefsten Punkte des Eisenkastens sammelt, von der darauf schwimmenden, leichteren Schlacke gegen weitere Veränderungen geschützt. Die Schlacke steigt rasch und wird beständig aus der oben erwähnten Schlackenform abgelassen. Allmählich sammelt sich auch das flüssige Roheisen an und würde zuletzt mit der Schlacke ausfliessen; man stösst jedoch zeitig das Stichloch ein und lässt das geschmolzene Roheisen in die vorbereiteten Masselbette fliessen, in denen es sich in eine Anzahl handlicher Barren oder Masseln zertheilt.

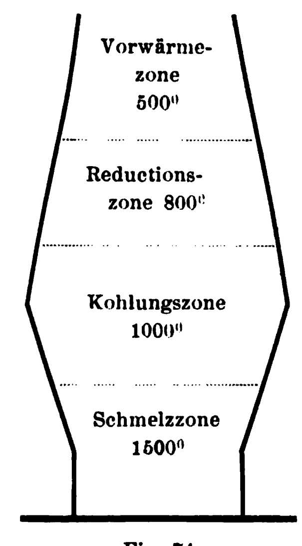


Fig. 74.

Die vor den Formen gebildete Kohlensäure CO_2 kommt beim Aufsteigen mit glühendem Coaks in Berührung, den sie theilweise verbrennt, indem ein Atom Sauerstoff abgegeben und Kohlenoxydgas CO gebildet wird. Die glühende Kohle und das Kohlenoxydgas wirken auf die Eisenerze reducierend ein, die Erze gehen in Eisenschwamm über. Diese Reduction erfolgt in der Reductionszone, Fig. 74. Das reducierte Eisen wird in tieferen Schichten durch unmittelbare Berührung mit glühendem Kohlenstoff gekohlt. Ein gewisser Kohlenstoffgehalt bedingt die leichtere Schmelzbarkeit des Roheisens, während das kohlenstoffarme Eisen schwer schmelzbar

ist. Man nimmt den Schmelzpunkt des Gusseisens zu 1050 bis 1400° C., den des Schmiedeeisens zu mindestens 1600° C. an.

Ausser Kohlenstoff nimmt das Roheisen den ganzen Phosphorgehalt der Beschickung in sich auf, ferner mehr oder weniger: Mangan, Silicium, Schwefel, Arsen u. s. w.

Die Figuren auf S. 56 und 57 zeigen Hoh- oder Hochöfen mit geschlossener Brust, und zwar Fig. 72 einen in den Sechzigerjahren erbauten Kladnoer Ofen und Fig. 73 einen solchen von 1893.

Der ältere Ofen weist sowohl den Kernschacht *K*, als das Rauhgemäuer *R* auf. Damals glaubte man noch den Kernschacht mit schlechten Wärmeleitern umgeben zu müssen; während man jetzt den Ofen frei stellt und hierdurch den Kernschacht länger erhält und bei nöthigen Reparaturen leicht zukommen kann.

Die eingeschriebenen Masse weisen eine bedeutende Steigerung der Abmessungen auf und demnach eine grosse Steigerung der Production, welche auch durch höheren Winddruck und höhere Winderhitzung bedingt ist. Die nachstehenden Zahlen kennzeichnen dies:

Im älteren Ofen (1865):

Roheisenerzeugung in 24 Stunden .	300 Mtr. Ct.
Windpressung . . . 160 *mm*, später	300 *mm*
Windmenge pro Minute	100 m^3
Windtemperatur	350° C.

Im neueren Ofen (1898):

Roheisenerzeugung in 24 Stunden .	1000 Mtr. Ct.
Windpressung . . . . Quecksilber	500 *mm*
Windmenge pro Minute	400 m^3
Windtemperatur	550° C.

In neuester Zeit ist die Productionsmenge auf täglich 1400 bis 1500 Mtr. Ct. gestiegen und werden mit 90 *kg* Coaks 100 *kg* Roheisen bei einem Mölleraußbringen von circa 30·5% geschmolzen.

Beim älteren Ofen ist der Trichter sowohl zum Heben als Senken eingerichtet, wodurch man gegen die Mitte oder gegen die Wand gichten kann, während bei dem neueren Ofen nur ein Senken des Parry'schen Trichters möglich ist.

In den letzten Monaten des Jahres 1896 wurde eine neue Gichtabschlussvorrichtung in Kladno eingeführt, durch welche die Gase und Erhitzungsapparate nahezu staubfrei bleiben sollen.

Fig. 75 zeigt in grösserem Massstabe das Ofengestelle und lässt einerseits Form *f* und Düse *d*, andererseits die Wasserkühlung *W* erkennen. Durch Fig. 76 soll angedeutet sein, dass die Düsen nicht

radial gerichtet sind, sondern vom Radius etwas abweichen, damit eine bessere Windvertheilung platzgreift.

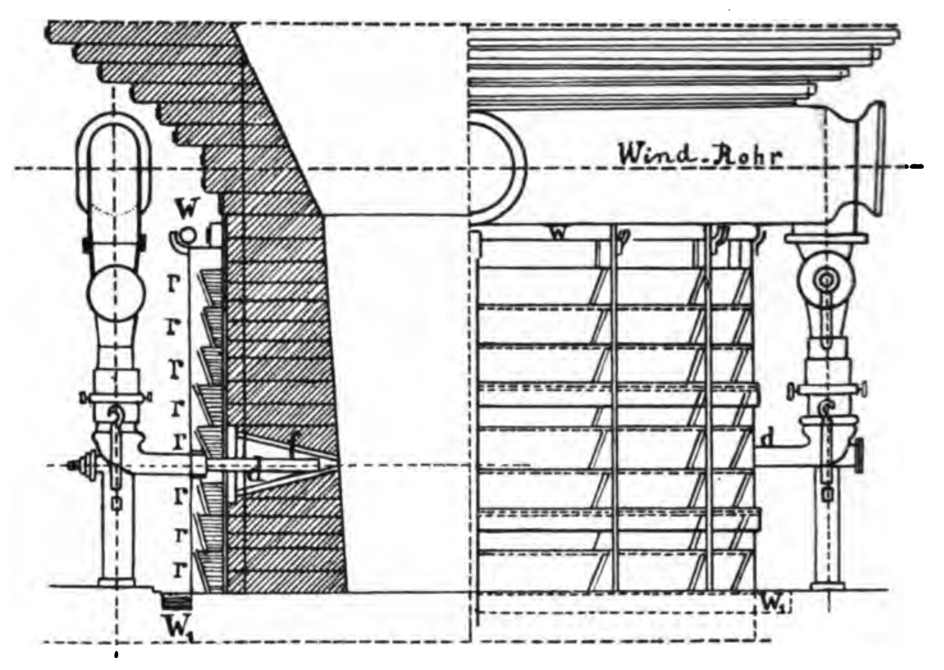


Fig. 75. Gestelle.

Die im Hochofen gebildeten Schlacken bestehen den Hauptbestandtheilen nach aus Kiesel-, Thon- und Kalkerde, sind Doppelsalze aus kieselsaurer Kalkerde und kieselsaurer Thonerde, in einer den obwaltenden Verhältnissen entsprechenden Zusammensetzung, und enthalten dabei alle anderen, nicht ins Eisen übergegangenen oder verflüchtigten Stoffe der Beschickung.

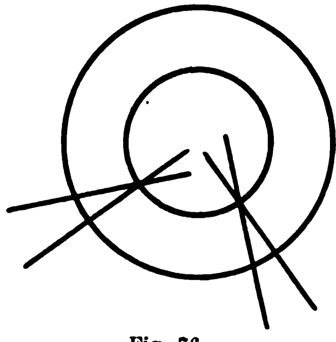


Fig. 76.

Die Bildung der Schlacke ist einerseits erforderlich, um das taube Gestein in Form von flüssiger Schlacke aus dem Hohofen entfernen zu können, andererseits beeinflusst die Art der Schlacke durch ihre leichtere oder schwerere Schmelzbarkeit die Aufnahme von Kohlenstoff in das Roheisen, und endlich schützt die das Eisen umhüllende Schlacke bei dem gemeinsamen Niedertropfen das Eisen vor der oxydierenden Einwirkung des Windes.

Ist die Schlacke leicht flüssig, so umhüllt sie den in der Reductionszone gebildeten Eisenschwamm schon in einem höheren Theile des Ofens und verkürzt die kohlende Einwirkung; hierdurch entsteht weniger gekohltes und siliciumarmes Roheisen, weisses Roheisen. Eine schwerer schmelzende Schlacke lässt die Berührung des Eisenschwammes mit dem glühenden Kohlenstoffe (Coaks) länger andauern und noch in tieferen, heisseren Schichten bestehen; es wird kohlenstoff- und siliciumreicheres — graues — Roheisen gewonnen. Wirkt man durch entsprechende Mischung (Gattierung) der Eisenerze oder durch entsprechende Wahl der Zuschläge auf die Schmelzbarkeit der Schlacke ein, so beeinflusst man indirect die Kohlenstoffaufnahme und hierdurch die Qualität des erzeugten Roheisens. Als Zuschläge verwendet man Kalk, Quarz, Thonschiefer etc., und ist die richtige Wahl und Menge derselben von höchster Wichtigkeit.*)

Die Schlackenmenge muss mindestens zwei Fünftel des Roheisengewichtes betragen, damit das niederschmelzende Eisen noch hinreichenden Schutz vor Oxydation findet; aus ökonomischen Gründen darf sie jedoch keinesfalls die fünffache Eisenmenge übersteigen. Hierdurch sind Umstände angedeutet, welche gewisse Eisenerze besser geeignet machen weisses, andere graues Eisen zu liefern. Jenes Erz z. B., welches viel thonige Bestandtheile enthält, ist geneigt, eine sehr strengflüssige Schlacke zu bilden, daher graues Roheisen zu liefern, und es ist lediglich eine ökonomische Frage, ob man solche Mengen Zuschlages geben darf, um eine leichtflüssige Schlacke und hierdurch weisses Roheisen erhalten zu können.

Die flüssige Schlacke lässt man entweder in gusseiserne, auf Wagen stehende lose Kasten laufen, deren Boden die obere Wagenplatte bildet, darin langsam erkalten und nach abgehobenem Kasten auf die Sturzhalden fahren, oder die Schlacke fliesst in Wasser, zerfällt dort zu Sand, dem granulierten Schlackensand, der durch Baggerwerke aus der mit Wasser gefüllten Schlackengrube gewöhnlich unmittelbar auf die Eisenbahnwaggons zur Abfuhr gehoben wird.

Die Schlackenmenge hängt von der Beschaffenheit des Eisenerzes und der Höhe des Kalkzuschlages ab; bei reichen Erzen mit niedrigem Kalkzuschlag ist sie mässig und beträgt etwa das $1^1/_2$fache Gewicht des erblasenen Roheisens. Die Schlacke bildet eine sehr

*) Hiermit beschäftigt sich speciell die sogenannte Eisenprobierkunst. S. die Werke von Bruno Kerl, Wedding etc.

lästige Beigabe zum Hochofenbetrieb, die Schlackenhalden wachsen auf den meisten Hochofenwerken in beängstigender Weise und es mangelt rasch der genügende Platz dafür. In Bezirken, deren Eisenindustrie älteren Ursprunges, z. B. in Belgien und England, sieht man förmliche Höhenzüge, die aus alten Schlackenabstürzungen bestehen. Die an der Seeküste gelegenen englischen Werke stürzen die Schlacke einfach ins Meer, woran sie niemand hindert, weil dadurch ein wirksamer, nachhaltiger Schutz gegen die tückischen Meereswogen gebildet wird. Neuanlagen müssen für bequemen, billigen Schlackensturz unbedingt vorher Sorge tragen und danach die Oertlichkeit bestimmen. Man hat bedeutende Anstrengungen gemacht, die Schlacken anderweitig, insbesondere zu Schlackenziegeln zu verwerthen, darin auch Erfolge erzielt, ohne aber den Werken bis jetzt durchschlagende Erleichterung verschafft zu haben, weil die Masse der Schlacken übergross und nicht jede Art von Schlacke zu Schlackenziegeln verwendbar ist.

Die aus dem Hochofen ausströmenden unverbrannten Gase enthalten ausser Stickstoff, Kohlensäure und sonstigen Nebenbestandtheilen veränderliche Mengen von Kohlenoxyd (nach Stöckmann's Untersuchungen an den Hochöfen der Actiengesellschaft Phönix zwischen 16 bis 31% der Gasmenge), als Mittel kann man wohl 25% brennbare Gase annehmen. Im oberen Theile des Hochofenschachtes findet eine Verbrennung nicht statt, weil der nöthige Sauerstoff mangelt, und es ist in Folge dessen die Temperatur dicht unter der Gicht eine mässige, wozu die meist unvermeidliche Nässe der Beschickung beiträgt. Sobald aber die Gase ungehindert aus der Gicht in die äussere Luft treten können, verbrennen sie mehr oder minder lebhaft und bilden die Gichtflamme. 1 *kg* Kohlenoxyd entwickelt bei der Verbrennung zu Kohlensäure 2400 Wärmeeinheiten. Diese Wärmequelle benützt man zur Heizung der Dampfkessel, welche die Gebläsemaschinen treiben, und insbesondere zur Vorwärmung des Gebläsewindes, nämlich derjenigen Luft, die, in den Hochofen geblasen, den Schmelzprocess vermittelt. Die bereits oben erwähnten Einrichtungen auf der Gicht dienen zum Auffangen der Hochofengase, welche durch Blechröhren und auch durch unterirdische gemauerte Canäle an den Ort ihrer Bestimmung geleitet werden. Die Erwärmung des Windes wurde zuerst von Neilson zu Glasgow 1829 eingeführt und damit eine wesentliche Brennstoffersparniss und Productionsvermehrung erzielt, welche ihre Begründung darin finden, dass die Verbrennungstemperatur wesentlich erhöht wird. In der Vervollkommnung der Winderhitzungsapparate sind die grossen Fortschritte

des Hochofenbetriebes in den letzten Decennien theilweise zu suchen. Die ersten Apparate bestanden aus einfachen Systemen eiserner Röhren, durch welche der kalte Wind strömte und die von aussen geheizt wurden. Eine grosse Mannigfaltigkeit herrschte in der Anordnung dieser Apparate, die in sehr bedeutenden Dimensionen auf den Hüttenwerken vertreten waren.

Die Feuerung mit Hochofengasen ist allgemein üblich. Je höher man die Temperaturen in den Winderhitzungsapparaten steigerte, je grösser mussten diese sein und je häufiger die Reparaturen. Die Dauerhaftigkeit gusseiserner Röhren bei hohen Temperaturen ist eine beschränkte, und die fortlaufenden Ausgaben für die Erneuerungen der verbrannten Röhren eine unangenehme Belastung der Selbstkosten, abgesehen von den dadurch bedingten lästigen und schädlichen Betriebsstörungen. Die in eisernen Röhrenapparaten zu erzielenden höchsten Temperaturen liegen zwischen den Grenzen von 400 bis 500° C.; es war unmöglich, dauernd darüber hinauszugehen, häufig blieb man darunter. Es tauchte nun der Gedanke auf, die bei der Verbrennung der Hochofengase in den Apparaten frei werdende Wärme an einen feuerbeständigeren Stoff als Gusseisen abzugeben und von diesem auf den für den Hochofen bestimmten Wind zu übertragen. Dieser Idee verdanken die Cowper-Siemens- und Whitwell-Apparate ihre Entstehung. Grosse cylindrische, winddicht zusammengenietete Kessel aus Eisenblech, auf einer ihrer Grundflächen stehend, sind mit feuerfesten Steinen ausgemauert und enthalten eine Anzahl durch Scheidewände gebildete Kammern, durch welche die Gase ziehen, darin verbrennen und das Steinmaterial bis zur Rothglühhitze, wenigstens in den ersten Kammern, erhitzen. Nach einer gewissen Zeit wird das Einströmen der Hochofengase in den hinreichend erwärmten Apparat eingestellt, dagegen der Wind der Gebläsemaschine auf dem entgegengesetzten Wege durchgeleitet und von ihm die angesammelte Hitze des Steinmaterials aufgenommen, so dass er mit entsprechend hoher Temperatur (bis 800° C.) in den Hochofen tritt. Zu jedem Hochofen gehört eine Anzahl Apparate, bei Whitwell-Apparaten drei bis vier Stück, von denen gewöhnlich einer nur seine Wärme an den Hochofen abgibt, während die übrigen sich im Gasfeuer befinden. Ein regelmässiger Wechsel findet statt, und sichert eine gewisse Gleichheit der Temperaturen, verhütet wenigstens übergrosse Unterschiede. Die Einrichtungen zum Ein- und Auslassen der Gase, des Gebläsewindes und zum Umstellen der Apparate sind nicht einfach. Die Temperatur des Windes wird auf 600 bis 800° C. gebracht, jedoch wesentlich eingeschränkt durch die starken

Gichtstaubablagerungen in den Apparaten. Der kräftige Windstrom der Hochofengebläse, einer Pressung von $^1/_3$ Atmosphäre (Ueberdruck) entsprechend, führt eine Menge fein zertheilter Stoffe aus der Beschickung, auch Zersetzungsproducte mit sich. In den ersten Kammern sind die feuerfesten Steine nicht nur an ihrer Oberfläche verglast, sondern es bilden sich vollständige Anhäufungen von kieselsauren Alkalien, welche bei Ausserbetriebsetzung der Apparate erkalten und durch Anziehen von Feuchtigkeit aus der Luft zerfliessen. Der Windstrom aus den Apparaten ist so heiss, dass die Blechröhren zur Weiterführung eines Futters von feuerfestem Material bedürfen.

Der Wind für die Hochöfen wird in mächtigen Maschinen, den Gebläsemaschinen, erzeugt. Die zum flotten Betriebe eines einzigen grossen Hochofens nothwendige Windmenge erfordert eine Betriebskraft von mindestens 400 Pferdekräften.

Das Ansaugen der Luft und die darauf folgende Compression geschieht in grossen, ausgebohrten Cylindern, in denen ein Kolben luftdicht hin und her bewegt wird. Abwechselnd saugt der Kolben auf einer Seite Luft an und drückt auf der anderen Seite die vorher angesaugte und darauf comprimierte Luft nach dem Windbehälter. Geeignete Ventilklappen an beiden Enden der Gebläsecylinder, in neuester Zeit gesteuerte Ventile (Riedler), bewirken den Eintritt der Luft aus der äusseren Atmosphäre in die Gebläsecylinder und nach der Compression den Austritt in die Windleitung.

Ausser den Gebläsen sind noch verschiedene andere Hilfsmaschinen zu betreiben, so z. B. Pumpen für das Kühlwasser der Hochöfen, Spritzwasser der Coaksöfen und Speisewasser der Kessel, Aufzugsmaschinen der Gichtthürme, Kalksteinbrecher u. s. w. Sämmtliche Rohmaterialien der Beschickung müssen auf die Hochofenplateaus, die Gicht, gehoben werden, und bedarf es hierzu maschineller Vorrichtungen, die sehr mannigfaltiger Art sind. Es gibt hydraulische, pneumatische und andere Aufzüge, die häufigsten sind ähnlich den Fördermaschinen der Bergwerke.

Die jedesmalige Charge betrug z. B. bei einem älteren auf Giessereiroheisen betriebenen Hochofen ungefähr 4220 *kg* Coaks, 2700 *kg* Kalkstein und 6000 *kg* Eisenerzmischung. Der betreffende Hochofen bedarf in 24 Stunden ungefähr 25 solcher Chargen, d. i. täglich 105.400 *kg* Coaks, 67.500 *kg* Kalkstein und 150.000 *kg* Eisenerz verschiedener Sorten. Die Production an grobkörnigem Giessereiroheisen betrug in 24 Stunden ungefähr 60.000 *kg* und wird im regelmässigen Betriebe gewöhnlich alle 5 Stunden, manchmal auch etwas häufiger, abgestochen, indem man das Stichloch aufschlägt,

das flüssige Eisen in vorher eingeformte regelmässige Sandrinnen laufen und erstarren lässt, dann vor dem gänzlichen Erkalten in handliche Barren oder Masseln aufbricht. Beim Betriebe auf weisses Roheisen sind die Sandmasselbette gewöhnlich durch offene, eiserne Formen, die sogenannten Coquillen ersetzt. Das Stichloch wird nach dem Abzapfen des Eisens und der Stichschlacke, welche auf dem Eisen im Hochofen schwimmend zuletzt ausfliesst, geschlossen, der abgestellte Windstrom des Gebläses eingeleitet und der Betrieb weitergeführt. Nach einiger Zeit ist die Schlacke im unteren Theile des Hochofens so hoch gestiegen, dass man sie ablassen muss, was durch Einstossen eines nach dem Abstechen in die Schlackenform gestopften Lehmpfropfens geschieht. Die Schlacke fliesst nun regelmässig bis zum nächsten Abstich aus dem Hochofen.

Die ungemein grosse Menge von Rohmaterialien, welche eine aus mehreren Hochöfen bestehende Anlage bewältigen muss, macht zweckmässige Einrichtungen für die Zufuhr und den Absturz der Materialien, für richtige Mischung der verschiedenen Eisenerzsorten, für die Abfuhr der Schlacken und des Roheisens nöthig. Die neueren Hochofenanlagen sind durch ihre allgemeine Anordnung und innere Einrichtung in der Lage, den stärksten Anforderungen ohne erheblichen Kostenaufwand zu genügen. Wo die Oertlichkeiten es gestatten, schafft man neuerdings die beladenen Eisenbahnwaggons unmittelbar ohne lästigen Zwischentransport auf Luftbrücken und stürzt die Materialien aus grösserer Höhe auf die geräumigen Vorrathsplätze. Das täglich verbrauchte Material an Eisenerzen wirft man direct im richtigen Mischungsverhältniss auf die, gleich den Vorrathsplätzen überbrückten Möllerplätze und schaufelt es dort in die Kippwagen (Hunde) zum Einsturz in die Hochöfen. In dem richtigen billigen Transport auf der Hütte selbst liegt ein Hauptpunkt für die Rentabilität des Hochofenbetriebes, wobei die mehr oder minder glückliche Lage des Werkes, die allgemeine Anordnung und innere Ausrüstung massgebend sind. In früheren Jahren suchte man häufig die Wasserstrassen auszunützen und legte deshalb mit Recht die Hochöfen gern an Flüsse oder Canäle. Noch immer ist dies von einem gewissen Werthe, wenn auch in Folge des ausgedehnten Eisenbahnnetzes nicht mehr im früheren Umfange. Eisenbahnanschluss kann aber heutzutage kein Hochofenwerk mehr entbehren. Um in Zahlen ein Bild der umfangreichen Anlagen eines Hochofenwerkes zu geben, verzeichnen wir nachstehend die Kostensummen eines rheinischen Werkes, einer aus 2 Hochöfen bestehenden, aber auf 4 Oefen projectierten Anlage: 2 Hochöfen 495.000 Mark, 8 Whitwell-Heizapparate 354.700, Gas- und Windleitung 210.300, 2 Schlackengranulierwerke 15.000, Giessplatz und 2 Vorhallen 24.900, Abflusscanäle 10.500, Brunnenanlage 25.500, Gichtthurm nebst Aufzugsmaschine 61.600, Dampfkesselanlage 283.800, Gebläsemaschinen, Pumpen nebst Maschinenhaus 333.800, Dampf- und Wasserleitungen 57.000, Möllerplatz und Wage 21.600, Plattenbelag und kleine Schleppbahnen 19.800, Kalksteinbrecher 8100, Förderwagen 10.900, Bureau, Steinschuppen und Schmiede 10.300, Kohlenaufbereitungsanstalt 65.900, 80 Coaksöfen nach Coppée-System 321.600, Locomotivbahn 373.300, Brückenwage 7900, Locomotivschuppen und Wärterbude 8400, 2 Locomotiven 40.300, Utensilien des ganzen Werkes 26.500, abgerundeter Gesammtbetrag 2,786.000 Mark; zu bemerken ist, dass die Grundstücke, weil bereits früher im Besitze der Gesellschaft, nicht inbegriffen sind, dass der Locomotivbahnposten das ganze normalspurige

Netz des Werkes, auf dem auch noch andere Betriebszweige vorhanden, umfasst. Ein vollkommen ausgerüstetes, aus 2 Hochöfen bestehendes, auf 4 Oefen ausdehnbares Werk wird auch gegenwärtig kaum unter 2,500.000 Mark herzustellen sein. Die jährliche Roheisenerzeugung eines solchen Hochofens, bei 40 *t* in 24 Stunden betrug 14.400 *t*. Die Erzeugungskosten, ungerechnet Verzinsung und Amortisation der Werke und der Beamtengehalte, werden etwa 56 Mark pro Tonne betragen.

Wenn der regelmässige Gang der Oefen Störungen erleidet, Schlacke und Eisen nicht mehr fliessen will, das Eisen sich nicht aus dem Erz scheidet, das Feuer vor den Formen erlischt, sich kolossale Ansätze im Ofen bilden, welche ihn zu ersticken drohen, oder andererseits Formen verbrennen, Durchbrüche stattfinden, glühende Eisenmassen an gefährlichen Stellen ausfliessen u. s. w., dann beginnt ein verzweifeltes Ringen mit den tückischen, entfesselten Naturkräften, dann hilft keine Schulweisheit mehr, der Hüttenmann ist auf seine Erfahrung und Energie allein angewiesen. Da steht er Tag und Nacht am kranken Hochofen, befehlend, ermunternd, scheltend, oft selbst Hand anlegend, von Staub und Schmutz bedeckt, in Feuer und Rauch, bis ihm die Glieder den Dienst versagen. Aber meist gelingt es ihm das Uebel zu beseitigen und bald leuchtet ihm wieder die „klare Form" mit ihrem strahlenden Focus, ein Beweis, dass die widerspenstigen Naturkräfte, von neuem in Fessel geschlagen, den gewohnten Dienst nicht mehr versagen. Ist ihm das Glück minder günstig, so findet er Rechtfertigung und Trost im Bewusstsein treuester Pflichterfüllung.

c) Die verschiedenen Roheisensorten.

Zur Charakterisierung der einzelnen Roheisensorten dienen nachstehende Auszüge aus dem Schriftchen „Das Roheisen" von Prof. A. Ledebur. Es heisst dort u. a.: „Im erstarrten Roheisen tritt der Kohlenstoff in zwei (es wird später von den vier verschiedenen Modificationen des Kohlenstoffes im Eisen noch näher gesprochen werden) völlig abweichenden Formen auf, deutlich durch das Auge wie durch ihr chemisches Verhalten unterscheidbar; und zwar:

1. Als freier Kohlenstoff oder Graphit. Derselbe erscheint in hexagonalen Blättchen als selbständiger Körper eingesprengt im Gefüge des Roheisens, sei es sporadisch an einzelnen Stellen, sei es in annähernd gleichmässiger Vertheilung auf der ganzen Bruchfläche und bei gewissen Roheisensorten in solcher Grösse und Ausdehnung, dass alle übrigen Bestandtheile des Roheisens auf der Bruchfläche durch die übergelagerten Graphitblättchen für den Beschauer verdeckt werden. Während bei manchen Roheisensorten die Umrisse der einzelnen Blättchen kaum noch für das Auge erkennbar sind, so dass die letzteren nur durch ihre dunklere Farbe gemeinschaftlich wahrgenommen werden können, erreichen dieselben in anderen Fällen eine Grösse von mehreren Millimetern im Durchmesser und lassen sich durch Schaben mit einem scharfen Werkzeuge zum grossen Theile von der darunter liegenden Eisenmasse

entfernen. Wenn das Roheisen in Säuren gelöst wird, bleibt in allen Fällen der Graphit vollständig zurück. Man nennt diejenigen Roheisengattungen, bei welchen auf der frischen Bruchfläche bei oberflächlicher Betrachtung nur der Graphit zu Tage tritt, graues Roheisen; diejenigen, deren Bruchfläche dem unbewaffneten Auge keinen Graphit zeigt, weisses Roheisen; diejenigen endlich, bei denen zwar Graphit bemerkbar ist, neben welchem sich aber auch eine weisse Grundfläche unschwer erkennen lässt, halbiertes Roheisen. Die Bildung des Graphits, soweit derselbe als wirklicher Bestandtheil des erkalteten Roheisens auftritt, geht erst in den Temperaturen vom Beginne des Erstarrens an abwärts bis zu etwa 500° C. vor sich; schmilzt das Roheisen, so geht aller Graphit in chemische Vereinigung mit dem vorhandenen Eisen und wird erst bei abermaligem Erstarren wieder ausgeschieden. Flüssiges Roheisen enthält keinen Graphit. Je rascher die Abkühlung vor sich geht, desto weniger Graphit wird abgeschieden und desto kleiner ist der Durchmesser der einzelnen Blättchen; je allmählicher die Abkühlung vorschreitet, desto reichlicher und in desto grösseren Tafeln wird Graphit abgeschieden. So lässt sich durch Regelung der Abkühlung aus demselben flüssigen Roheisen ebensowohl graphitärmeres als graphitreicheres erstarrtes Roheisen erzielen; und es erklärt sich hierdurch leicht, dass der Graphitgehalt in starken, langsamer erkaltenden Querschnitten desselben Gussstückes regelmässig beträchtlicher als in dünneren, rascher erkaltenden Theilen, in der Mitte desselben Querschnittes stärker ist, als nach dem Umfange zu. Aber es ist nicht einmal erforderlich, ein Roheisen zu schmelzen und unter veränderten Abkühlungsverhältnissen wieder erstarren zu lassen, um seinen Graphitgehalt zu verändern; schon eine längere Erhitzung auf helle Rothglut und darauf folgende verzögerte Abkühlung (durch Einpacken in Holzkohlenpulver, Asche oder sonstige schlechte Wärmeleiter) genügt, den Graphitgehalt eines durch plötzliche Abkühlung weiss gewordenen Roheisens wieder zur Ausscheidung zu bringen und es dadurch in graues Roheisen zu verwandeln. Dieser Process — Tempern genannt — findet in Eisengiessereien, welche zarte, rasch abkühlende Gusswaaren aus einem zum Weisswerden („Abschrecken") geneigten Roheisen giessen, nicht selten Verwendung, um nach dem Giessen das weisse Gusseisen in graues zu verwandeln. Er ist wohl zu unterscheiden von dem mit demselben Ausdrucke benannten Verfahren, welches den Zweck verfolgt, durch Glühen mit oxydierenden Substanzen weissem Roheisen seinen Kohlenstoff zu entziehen und es dadurch in schmiedbares Eisen (sogenannten schmiedbaren Guss) zu verwandeln. Durch

die Ausscheidung von Graphit im erstarrenden Roheisen wird das Gefüge desselben gelockert, das specifische Gewicht und die absolute Festigkeit verringert, aber seine Bearbeitungsfähigkeit durch schneidende Werkzeuge gesteigert und die Sprödigkeit gemildert. Hierin liegt ein Hauptvorzug des grauen Roheisens vor dem weissen bei Benützung für Gusswaaren.

2. Als gebundener Kohlenstoff. Während der Graphit den charakteristischen Bestandtheil des grauen Roheisens bildet, findet sich der gebundene Kohlenstoff vorwiegend im weissen Roheisen. Löst man Roheisen, welches gebundenen Kohlenstoff enthält, in Säuren auf, so entweicht ein Theil desselben als übelriechender Kohlenwasserstoff, ein anderer Theil hinterbleibt gewöhnlich als lockere, beim Trocknen leicht entzündliche, theils in Kalilauge, theils in Alkohol oder Aether lösliche Masse. Dass dieser Kohlenstoff in chemischer Verbindung mit dem Eisen vorhanden gewesen sei, ist zweifellos; über das Wesen dieser chemischen Vereinigung, insbesondere über die Atomverhältnisse, unter welchen sich Eisen und Kohle vereinigen können, herrschen jedoch noch mancherlei widersprechende Ansichten. Die Farbe des Kohlenstoffeisens ist weiss. Es ist ausserordentlich hart, so dass es von einer Feile nicht angegriffen wird, und sehr spröde. Gegen chemische Einflüsse besitzt es eine bedeutend grössere Widerstandsfähigkeit als metallisches Eisen und vermag auch der Einwirkung feuchter Luft längere Zeit zu widerstehen, ohne zu rosten. Das Roheisen theilt man seinem äusseren Ansehen zufolge ein in weisses und graues Roheisen; dem bei seiner Darstellung benützten Brennmaterial zufolge in Holzkohlen-Roheisen und Coaks-Roheisen.

Gattungen des weissen Roheisens.

Ferromangan. Man bezeichnet mit diesem Ausdrucke kohlenstoffhaltige, in neuerer Zeit im Hochofen, früher nur im Tiegel dargestellte Eisenmanganlegierungen, deren Mangangehalt 30 bis 50% zu betragen pflegt, mitunter aber erheblich darüber und bis auf 85% steigen kann. Mit dem Mangangehalte erhöhen sich aber der Schmelzpunkt und die Schwierigkeit, in grösseren Mengen des Productes einen annähernd gleichmässigen Mangangehalt zu erzielen, also in mehrfacher Hinsicht die Schwierigkeit und die Kosten der Herstellung. In chemischer Beziehung zeichnet sich das gewerbsmässig dargestellte Ferromangan vor allen übrigen Roheisensorten durch einen höheren Kohlenstoffgehalt aus, welcher 5·5 bis 7·5% betragen kann und im Verhältnisse zum Mangangehalte steigt und

fällt. Aeusserlich ist das Ferromangan durch grosse Härte, Sprödigkeit und eine dichte, unregelmässige, fast muschlig zu nennende gelblich weisse, oft auch mit prächtigen Anlauffarben bedeckte Bruchfläche charakterisiert; in den Hohlräumen finden sich säulenförmige Krystalle. Bedingungen für die Entstehung des Ferromangans im Hochofen sind: hohe Temperatur, durch Anwendung stark erhitzten Windes, reichliche Brennstoffmengen, stark basische und zugleich stark manganhaltige Schlacke bei manganreicher Beschickung.

Spiegeleisen. Dasselbe ist durch sein eigenthümliches, aus grossblätterigen Absonderungsflächen bestehendes Gefüge deutlich gekennzeichnet. Die einzelnen Blätter (Spiegel) stehen annähernd normal gegen die Abkühlungsflächen, kreuzen sich aber gegenseitig in den verschiedensten Richtungen, so dass aus diesen Durchkreuzungen oft scheinbare Krystallformen hervorgehen; Hohlräume des Spiegeleisens finden sich häufig durchwachsen von einzelnen solchen dünnen Blättern, welche theils fächerartig auf- und nebeneinander liegen, theils sich gruppenweise durchkreuzen. Die Farbe des Spiegeleisens auf dem Bruche ist rein weiss, häufig jedoch, und besonders bei grösserem Mangangehalte, mit purpurnen oder blauen Anlauffarben überzogen; Härte und Sprödigkeit sind bedeutend. Die chemische Untersuchung des Spiegeleisens ergibt einen gebundenen Kohlenstoffgehalt von 4 bis 5%, selten kleine Mengen von Graphit und einen Mangangehalt, welcher gewöhnlich 6 bis 15%, bisweilen 20% beträgt. Bei fernerer Steigerung desselben wird das grossblätterige Gefüge undeutlicher und das Spiegeleisen geht in Ferromangan über. Steigt der Gehalt des reinen Eisens — sinkt also der Kohlenstoffgehalt — so werden die Spiegel schmaler, undeutlicher, und das Roheisen heisst Halbspiegeleisen. Das Spiegeleisen entsteht aus leicht reducierbaren, manganhaltigen Erzen (vorzugsweise den Spateisensteinen) in hoher Temperatur bei reichlichem Brennstoffe und basischer, in ihrer Zusammensetzung dem Singulosilicate nahestehender, manganhaltiger, thonerdearmer Schlacke, deren Schmelzpunkt nicht erheblich von dem Schmelzpunkte des erzeugten Roheisens abweichen darf. Heisse Gebläseluft befördert die Reduction des Mangans, während die basische Beschaffenheit der Schlacke eine übermässige Reduction von Silicium hindert.

Weissstrahl oder strahliges Roheisen. Wenn der Gehalt an metallischem Eisen in dem weissen Roheisen sich in solchem Masse steigert, dass der Kohlenstoffgehalt unter 4% sinkt, so geht das spiegelige Gefüge in strahlenartige Bildungen über, welche

ebenfalls senkrecht gegen die Abkühlungsflächen gerichtet sind und mit weiter abnehmendem Kohlenstoffgehalte immer feiner und undeutlicher werden. Alle diese Roheisenarten, bei welchen ein strahliges Gefüge deutlich erkennbar ist, werden allgemein Weissstrahl genannt, jedoch häufig wieder in mehrere besondere Unterabtheilungen getrennt. Die verschiedenen Abstufungen des weissstrahligen Roheisens entstehen in niedrigerer Temperatur als das Spiegeleisen, und bei leichter schmelzbarer Schlacke (gewöhnlich Bisilicat oder zwischen Singulo- und Bisilicat stehend); also entweder, wenn bei dem Betriebe auf Spiegeleisen durch abnormale Verhältnisse eine Abkühlung des Hochofens oder eine unrichtige Schlackenbildung eingetreten ist; oder absichtlich, wenn Erze mit niedrigerem Mangangehalte verhüttet werden, welche zur Spiegeleisenfabrication nicht geeignet sein würden (Sphärosiderite und Brauneisenerze aller Art). Diesen Entstehungsverhältnissen entsprechend enthält das weissstrahlige Roheisen nicht nur, wie schon erwähnt, weniger Kohle, sondern auch weniger Mangan als Spiegeleisen (die dem Spiegeleisen näher stehenden Sorten pflegen 3 bis 4% zu enthalten, die übrigen weniger); wenig Silicium (unter 1%); dagegen in einzelnen Fällen bis zu 3% Phosphor, während der Schwefelgehalt selten bedeutend ist.

Mit der Vervollkommnung des Bessemer- und später des Siemens-Martinprocesses trat für das Spiegeleisen ein ausgedehnter Consum ein. Man benützt das Spiegeleisen, welches gewöhnlich eine Zusammensetzung von 83 bis 86% Eisen, 10 bis 12% Mangan, 4 bis 5% Kohlenstoff und Spuren von Schwefel, Phosphor und Silicium hat, um die fertig geblasene Bessemercharge oder den Siemens-Martinstahl von den darin enthaltenen Oxyden des Eisens, welche der Verarbeitung des Stahles sehr hinderlich sind, zu befreien. Das Mangan oxydiert sich nämlich unter allen Verhältnissen leichter als das Eisen und entzieht den gebildeten Sauerstoffverbindungen des Eisens den Sauerstoff. Ein Theil des im Spiegeleisen enthaltenen Kohlenstoffes wird nun allerdings auch zur Reduction der Oxyde mit verbraucht, der Rest vermehrt aber den Kohlenstoffgehalt des fertigen Stahles und zugleich die Härte desselben. Da nun für viele Zwecke der Bessemer- und besonders der Siemens-Martinstahl sehr weich — sogenanntes Flusseisen — sein muss, so eignet sich zur Beseitigung der Oxyde am besten ein Metall mit möglichst viel Mangan. Der Kohlenstoffgehalt ist nämlich im Spiegeleisen gleich, einerlei ob 12, 24 oder noch mehr Procente Mangan darin vorhanden sind. Verwendet man also z. B. statt des gewöhnlichen Spiegeleisens ein solches mit 24% Mangan, so hat man von diesem kaum die Hälfte nöthig, um dieselbe desoxydierende Wirkung zu erzielen, die Kohlenstoffzunahme des fertigen Stahles muss mithin weit geringer sein als bei Anwendung des gewöhnlichen Spiegeleisens. Das Bestreben der Neuzeit ging nun dahin, eine Metalllegierung von Eisen und Mangan mit möglichst hohem Gehalt an letzterem Metall zu erzeugen — das Ferromangan — und bediente man sich anfangs hierzu der Tiegel, welche, mit passender Mischung und genügenden Reductionsmitteln gefüllt, einer sehr hohen Temperatur ausgesetzt wurden. Dieser Weg war zu theuer und die Production sehr gering; man ist nun dazu übergegangen, das Ferro-

mangan, welches gewöhnlich mit einem Mangangehalte von 30 bis 75%, in seltenen Fällen sogar bis 80% in den Handel kommt, im Hochofen zu erblasen, und sind die Manipulationen annähernd dieselben, welche bei der Darstellung des Roheisens eingeschlagen werden. Grosse Sorgfalt ist auf die Auswahl der Erze zu legen, bei den hochmanganhaltigen Sorten müssen oft reine Braunsteine dem Hochofen zugeführt werden. Das Mangan hat die Eigenthümlichkeit, dass es aus seinen Erzen nur schwer reduciert wird und sich sehr leicht wieder oxydiert. So enthält die abfliessende Ferromanganschlacke stets 8 bis 14%, zuweilen sogar 20% Mangan als Oxydul und die entweichenden Hochofengase führen bedeutende Mengen von Manganoxyden fort, welche sich vor dem Gebläse aus dem Metall bilden. Man sieht es dem aus den Schornsteinen des Hochofenwerkes entweichenden Rauch sofort an, sobald Ferromangan dargestellt wird. Während der Rauch bei den Eisensorten weiss oder annähernd weiss ist, so tritt beim Ferromangan ein intensiver, gelbbrauner Rauch auf. Sehr interessant sind die Krystallisationsverhältnisse des Ferromangans. Während ein Mangangehalt von 9 bis 12% das weisse Eisen grobspiegelig macht, nehmen diese Spiegelflächen mit zunehmendem Gehalt von Mangan mehr und mehr ab und verschwinden fast ganz bei 30% Mangan. Enthält das Metall 35% Mangan bis 38%, so treten die Krystalle in den Drusenräumen ähnlich wie beim Pyrolusit (Braunstein) in Prismen auf. Diese Prismen nehmen bei zunehmendem Gehalt an Mangan an Dicke ab, sie werden immer nadelförmiger und feiner. Die Cohäsion des Metalles nimmt ebenfalls mit zunehmendem Mangangehalt ab. Charakteristisch sind ferner die prachtvollen Anlauffarben, welche besonders schön bei einem Mangangehalte von 40 bis 60% auftreten.

Die Darstellung des Ferromangans verlangt höchst manganhaltige Erze, starken Kalkzuschlag, grossen Brennstoffaufwand und verlangsamten Gang der Hochöfen, gestattet daher nur geringe Production, ist in Folge aller dieser Umstände sehr kostspielig und bedingt einen entsprechend hohen Verkaufspreis, der sich je nach der Höhe des Mangangehaltes richtet.

Die Gebirgsländer mit reichem Vorkommen an Spateisensteinen, z. B. Steiermark und Kärnten in Oesterreich, Siegen in Deutschland, sind die Mittelpunkte der Spiegeleisengewinnung. Werden die manganhaltigen Zuschläge noch mehr beschränkt und steigt andererseits der Phosphorgehalt der Eisenerze, so entsteht das gewöhnliche weisse Roheisen. Auf manchen Hochofenwerken kann man den Kalkzuschlag gänzlich entbehren durch geeignete Mischung von kalkreichen mit kalkärmeren Erzen.

Graues Roheisen.

Das charakteristische Merkmal des grauen Roheisens besteht in einem Graphitgehalte von solcher Menge, dass er auf der Bruchfläche des Roheisens schon bei oberflächlicher Betrachtung dem unbewaffneten Auge deutlich erkennbar wird. Es wurde bereits oben darauf hingewiesen, dass jener Graphit als wirklicher, nothwendiger Bestandtheil des grauen Roheisens erst nach der Erstarrung desselben erscheint, beim Schmelzen des Roheisens gebunden oder gelöst wird. Diese Ausscheidung ist die Folge eines gleichzeitig anwesenden Siliciumgehaltes. Durch die Ausscheidung des Graphits enthält das graue Roheisen ein körniges Gefüge, bei

welchem die Grösse der Absonderungsflächen (die „Korngrösse") mit dem Graphitgehalte zu wachsen pflegt. Sie ist also wie dieser theils von der chemischen Zusammensetzung des Roheisens, theils von Erstarrungsverhältnissen abhängig. Das graue Roheisen ist demnach im allgemeinen um so „grobkörniger", je mehr Kohlenstoff und Silicium nebeneinander auftreten, und je langsamer die Abkühlung vor sich ging. Das graue Roheisen entsteht vorwiegend unter Verhältnissen, welche die Aufnahme von Kohlenstoff und Silicium nebeneinander befördern; also Erze mit nicht zu hohem Mangangehalte und nicht zu schwer reducierbar (vorzugsweise Roth- und Brauneisenerze, geröstete Sphärosiderite u. a.); Magneteisenerze liefern infolge ihrer Schwerreducierbarkeit ein silicium- und kohlenstoffärmeres, gerade deshalb aber für einzelne Zwecke vorzüglich geeignetes graues Roheisen; hohe Temperatur im Schmelzraume (durch Anwendung von Coaks und hoch erhitzter Gebläseluft erreichbar); reichliches Verhältniss des Brennstoffes zum Erze; strengflüssige Schlacke. Diesen Entstehungsbedingungen entsprechend wachsen die Darstellungskosten und mit diesen der Preis. Das graue Roheisen wird nach dem Graphitgehalte in mehrere Sorten unterschieden. Nr. I (tiefgraues Roheisen) ist das grobkörnigste, graphitreichste, 2 bis 3·5% Silicium, 4·2 bis 3·5% Kohle enthaltend. Nr. II (graues Roheisen) ist etwas weniger grobkörnig. Nr. III (lichtgraues Roheisen) ist durch seine bedeutend feinkörnigere Bruchfläche, welche übrigens gewöhnlich vollständig graue Farbe zeigt, charakterisiert. Es enthält in den meisten Fällen einen geringeren Siliciumgehalt als Nr. I und Nr. II und pflegt, sofern es aus der nämlichen Beschickung als diese Sorten erblasen ist, die Folge einer durch äussere Zufälligkeiten hervorgerufenen Abkühlung des Schmelzraumes des Hochofens zu sein.

Nr. IV halbiertes Roheisen zeigt einen weissen Grund, auf welchem die einzelnen Graphitblättchen, entweder gleichmässig vertheilt oder zu einzelnen grösseren Gruppen vereinigt, erkennbar sind. Es ist sehr feinkörnig, besitzt stets einen geringeren Silicium- und fast immer einen geringeren Kohlenstoffgehalt als die früher erwähnten Sorten und pflegt das Erzeugniss eines abnormen Schmelzganges zu sein.

Abgesehen von kleineren Mengen feinkörnigen, grauen Roheisens, welches im Puddelofen zu bestimmten Schmiedeeisensorten, z. B. Draht, verarbeitet wird, dient das graue Roheisen vorzugsweise zum Umschmelzen zu Gusswaare — Giessereiroheisen — oder zum Bessemerbetrieb — Bessemer-Roheisen. Die Verwendung zu letzterem Zwecke bedingt aber einen sehr geringen Phosphorgehalt,

der nicht über 0·08% gehen darf und einen höheren Gehalt an Silicium und Kohlenstoff, übergares Roheisen. Für den Thomasprocess wird phosphorreiches meist weisses Roheisen verarbeitet.

II. Schmiedbares Eisen.

Nur ein verhältnissmässig kleiner Theil des im Hochofen dargestellten Eisens kommt als Gusseisen in mannigfacher Form, welche ihm meist nach dem Umschmelzen ertheilt wird, zur directen Verwendung. Das meiste Roheisen dagegen ist nur als Halbproduct zu betrachten und wird, um es fest und zähe und verarbeitungsfähig zu machen, weiteren Hüttenprocessen unterworfen, aus welchen es als schmiedbares Eisen hervorgeht.

Wir haben gesehen, dass wir bei der Darstellung des Roheisens im Hochofen keineswegs ein chemisch reines Eisen erhalten, sondern dass das Eisen bei der Reduction aus den Erzen immer eine Reihe von Körpern aus der Beschickung in sich aufnimmt. Hervortretend ist vor allem der Gehalt an Kohlenstoff, von welchem das Eisen nicht mehr als etwa 2·3% enthalten darf, wenn es noch schmiedbar sein soll. Je weniger Kohlenstoff unter dieser Grenze das Eisen enthält, um so schmiedbarer ist es. Wollen wir also aus dem hochgekohlten Roheisen ein schmiedbares Product herstellen, so müssen wir seinen Kohlenstoffgehalt vermindern, und da auch die übrigen im Hochofen in das Roheisen übergegangenen Körper, von denen besonders Silicium, Phosphor, Schwefel und Mangan zu nennen sind, die Schmiedbarkeit in gewissem Grade beeinträchtigen, so müssen auch diese Substanzen mehr oder weniger mit dem Kohlenstoff entfernt werden. Die Beseitigung dieser der Schmiedbarkeit des Eisens nachtheiligen Körper geschieht nun durch Verbrennung oder Oxydation derselben, und wir können also ganz allgemein die Hüttenprocesse zur Darstellung des schmiedbaren Eisens als Oxydationsprocesse bezeichnen im Gegensatz zu dem im Hochofen ausgeführten Reductionsprocesse. Die einzige Ausnahme hiervon bildet die Darstellung des schmiedbaren Eisens direct aus den Erzen mit Umgehung des Roheisens, die Rennarbeit, welche zunächst wenigstens ein Reductionsprocess ist. Der Grad nun der Oxydation der die Schmiedbarkeit verhindernden Körper ist bestimmend für die Schmiedbarkeit und die sonstigen physikalischen Eigenschaften des Eisens. Zunächst ist der Schmelzpunkt des schmiedbaren Eisens beträchtlich höher als derjenige des Roheisens, und um so höher, je niedriger der Gehalt an Kohlenstoff ist; das specifische Gewicht nimmt mit wachsender

Entkohlung zu. Ferner besitzt das schmiedbare Eisen immer eine gewisse Weichheit und Zähigkeit, seine Zugfestigkeit ist viel grösser als diejenige des Roheisens und erreicht ihr Maximum bei einem Kohlenstoffgehalt von etwa 1%, während die Druckfestigkeit geringer ist als beim Roheisen. Wir sehen deshalb auch im gewöhnlichen Leben, dass schmiedbares Eisen überall da Verwendung findet, wo es auf hohe Zugs-, beziehungsweise Biegungsfestigkeit ankommt, dass dagegen Gusseisen meist benützt wird, wenn es sich um Beanspruchung von Constructionstheilen auf Druckfestigkeit handelt, wie z. B. bei Säulen. Das schmiedbare Eisen krystallisiert im regulären System; je geringer der Kohlenstoffgehalt ist, um so leichter lassen sich die Krystalle durch Druck in der Richtung einer Achse ausstrecken, so dass wir schliesslich die charakteristische, sehnige Structur niedrig gekohlten Schmiedeeisens erhalten, während bei einem Kohlenstoffgehalt von 0·5% die Möglichkeit der Sehnebildung vollständig aufhört und ein feinkörniger Bruch auftritt. Im schmiedbaren Eisen tritt der Kohlenstoff immer im chemisch gebundenen Zustande auf, und dasselbe zeigt je nach seinem Gehalt an Kohlenstoff und den oben benannten Körpern einen sehnigen Bruch (gewöhnliches Schmiedeeisen) oder einen mehr oder weniger feinkörnigen Bruch (Feinkorneisen und Stahl) im Gegensatze zu dem strahligen bis spiegeligen oder durch Graphitausscheidungen glänzend grobkörnigen Bruch des Roheisens. Eine sehr wichtige Eigenschaft des kohlenstoffarmen schmiedbaren Eisens, welche allerdings nicht allen seinen Qualitäten gleich zukommt, ist die Schweissbarkeit des Eisens, welche gestattet, dass zwei Stücke desselben mit metallischer Oberfläche in der sogenannten Schweisshitze unter Druck zu einem Ganzen vereinigt werden können. Das Schweissen des Eisens ist wohl zu unterscheiden von dem Löthen mittelst einiger leichtflüssiger Metalle, da das Schweissen immer nur unter Druck stattfindet. Das Eisen ist um so leichter schweissbar, je weiter die erforderliche Schweisshitze von seinem Schmelzpunkte entfernt liegt, und da der Schmelzpunkt mit abnehmendem Kohlenstoffgehalte steigt, so wird das kohlenstoffärmste Eisen — ceteris paribus — am besten schweissen. Die Schweissbarkeit des Eisens hört bei wachsendem Kohlenstoffgehalt viel früher auf als die Schmiedbarkeit, sie ist überhaupt nicht, wie vielfach angenommen wurde, eine nothwendige Eigenschaft des schmiedbaren Eisens im technischen Sinne, obgleich sie das schmiedbare Eisen erst zu dem macht, was man im gewöhnlichen Leben „Schmiedeeisen" nennt. Die Schweissbarkeit hängt, wie wir später sehen werden, sehr wesentlich von der Darstellungs-

methode und den chemischen Eigenschaften des schmiedbaren Eisens ab. Aus den angegebenen Eigenschaften des schmiedbaren Eisens ergibt sich also im allgemeinen, dass es ein Material von umfassendster Verwendungsfähigkeit ist, und daher sehen wir es benützt zu den grössten wie zu den kleinsten Constructionen, zum Bau der grossartigsten Kriegsschiffe, Kanonen und Locomotiven sowohl, als auch zur Herstellung des feinsten Nähnadeldrahtes. Das kohlenstoffarme Eisen beherrscht mithin unsere ganze Cultur, daher kommt es denn auch, dass man im gewöhnlichen Leben unter „Eisen" nur schmiedbares Eisen zu verstehen pflegt.

Die Ueberführung des Roheisens in schmiedbares Eisen, d. h. die Beseitigung der im Roheisen enthaltenen, die Schmiedbarkeit verhindernden fremden Stoffe geschieht naturgemäss am raschesten und vollständigsten, wenn das Roheisen sich im flüssigen Zustande befindet. Die zur Darstellung des schmiedbaren Eisens aus flüssigem Roheisen dienenden Methoden bezeichnet man im allgemeinen als Frischprocesse. Im kleinen Massstabe wird ferner auch schmiedbares Eisen aus Gusseisen ohne vorherige Schmelzung dargestellt; das Product bezeichnet man als schmiedbaren Eisenguss.

Je nachdem das Product des Frischprocesses im teigigen, also festen, oder im flüssigen Zustande gewonnen wird, bezeichnet es die neuere Nomenclatur als Schweisseisen oder als Flusseisen. Bei dem gegenwärtigen Stande der Technik haben wir es mit folgenden vier Frischprocessen zu thun: 1. dem Herdfrischen, 2. dem Flammofenfrischen oder Puddeln, 3. dem Windfrischen, d. i. dem Bessemern und dem Thomasieren, 4. dem Siemens-Martinprocess, wenn mit Zusatz von Oxyden gearbeitet wird.

Die letztere Methode kann allerdings kaum als eigentlicher Frischprocess bezeichnet werden. Der Puddelprocess und der Siemens-Martinprocess sind, wie wir später sehen werden, indirecte Oxydationsprocesse, d. h. der Sauerstoff zur Verbrennung des Kohlenstoffes tritt nicht direct aus der atmosphärischen Luft, sondern erst vermittelst der Schlacke an den letzteren, während beim Herdfrisch- und Bessemerprocess wenigstens grossentheils directe Oxydation stattfindet. Uebrigens ist die Reihenfolge der Oxydation bei den verschiedenen Körpern im Roheisen, sobald dasselbe der Einwirkung des Sauerstoffes ausgesetzt ist, immer dieselbe und kann nur durch besondere Verhältnisse alteriert werden. Besonders die neueren Erfindungen und theoretischen Untersuchungen haben klargelegt, dass wir es bei allen Processen immer mit denselben chemischen Vorgängen zu thun haben; der technische Gesichtskreis ist dadurch ein viel weiterer geworden. Während man vor Jahren den Puddel-

process und den Bessemerprocess als grundverschieden betrachtete, steht heute fest, dass beide Processe auf denselben chemischen Grundlagen beruhen und nur in der Form der Ausführung verschieden sind.

Stellen wir uns der Einfachheit halber zunächst einmal vor, dass ein flüssiges Roheisen nur Kohlenstoff und Silicium enthalte, und lassen wir auf dieses Roheisen den Sauerstoff der Luft direct einwirken, so wird zunächst neben Eisen immer das Silicium oxydiert und diese Oxydationsproducte verbinden sich zu kieselsaurem Eisenoxydul $FeSiO_3$, der sogenannten Schlacke. Nach der Oxydation alles Siliciums wird nur Eisen verbrannt, und es entsteht allmählich das Singulosilicat Fe_2SiO_4. Bei fortdauernder Einwirkung des Sauerstoffes oxydiert das Eisen zu der Doppelverbindung von Eisenoxydul und Eisenoxyd Fe_3O_4 (Hammerschlag). Diese Doppelverbindung löst sich nun in dem zuerst gebildeten kieselsauren Eisenoxydul auf, wodurch die Schlacke schwerer schmelzbar wird. Die Schlacke hat sich übrigens, da sie bei der Schmelztemperatur des Eisens hinreichend flüssig ist, von dem Eisen getrennt und schwimmt als specifisch leichterer Körper über dem flüssigen Metallbade.

Der im Eisen enthaltene Kohlenstoff ist während der Oxydation des Siliciums gar nicht oxydiert worden, er geht nur, falls wir graues, Graphitausscheidungen enthaltendes Roheisen angewandt haben, nach der Verbrennung des Siliciums aus dem mechanisch gelösten in den chemisch gebundenen Zustand über. Der Procentgehalt des Eisens an Kohlenstoff muss aber sogar noch gestiegen sein, da ja gleichzeitig Eisen oxydiert worden ist, während der Kohlenstoff nicht angegriffen wurde. Wir werden also nach der Verbrennung des Siliciums ein, nach Procenten gerechnet, kohlenstoffreicheres Eisen vor uns haben, und falls wir graues Eisen eingeschmolzen hatten, wird dasselbe nunmehr im Bruche weiss sein, da ja das Silicium die Ausscheidung des Graphits im Roheisen begünstigt.

Sobald aber bei fortschreitender Einwirkung des Sauerstoffes in der beschriebenen Weise das gebildete Eisenoxyduloxyd (Hammerschlag) sich in dem kieselsauren Eisenoxydul aufzulösen beginnt, wirkt diese sauerstoffreiche Schlacke auf den Kohlenstoff des Eisens und verbrennt denselben zu Kohlenoxyd CO, während ein Theil des Eisenoxyduls zu Eisen reduciert wird.

Wir sehen also, dass das Eisenoxyduloxyd den Sauerstoff der atmosphärischen Luft an den Kohlenstoff des geschmolzenen Eisens überträgt. Das Eisen wird nun, wenn der Sauerstoff weiter einwirkt, immer von neuem oxydiert, und daher die Entkohlung des Eisens immer weiter fortschreiten.

Bei der Oxydation von flüssigem Roheisen verbrennt immer zuerst das Silicium und erst in zweiter Linie der Kohlenstoff. Die Oxydation des Eisens, des Siliciums und des Kohlenstoffes ist mit einer ganz beträchtlichen Wärmeentwickelung verbunden. Eisen und Silicium bilden, wie wir sahen, kieselsaures Eisenoxydul und die dabei entstehende Wärme überträgt sich vollständig auf das Metallbad und die darüber stehende Schlacke. Die Verbrennungswärme des Siliciums ist eine so bedeutende, dass dasselbe beim Bessemerprocess, wie gezeigt werden wird, vollständig die Stelle des Brennmaterials vertritt. Die bei der Oxydation des Kohlenstoffes zu Kohlenoxyd CO gebildete Wärmemenge ist lange nicht so gross und ist auch für den Process von nur geringem Werthe, da das Kohlenoxyd als Gas sofort aus dem Metallbade entweicht und Wärme abführt, während das kieselsaure Eisenoxydul als Schlacke über dem Eisen stehen bleibt. Wir folgern demnach, dass ein Frischprocess um so wärmer verlaufen wird, je grösser unter sonst gleichen Umständen der Siciliumgehalt des Roheisens war. An die Stelle des Siliciums tritt beim Thomasprocess theilweise der Phosphor.

Stellen wir uns weiter vor, dass das eingeschmolzene Roheisen neben Silicium und Kohlenstoff auch einen gewissen Procentsatz von Mangan enthalte, so wird dadurch der Verlauf des Frischprocesses wesentlich beeinflusst und die Qualität des erzielten Productes verbessert. Das Mangan verbrennt nämlich viel leichter als Eisen, und so wird sich das Mangan grösstentheils im Anfange der Einwirkung des Sauerstoffes der Luft noch vor dem Eisen oxydieren und mit der gebildeten Kieselsäure das kieselsaure Manganoxydul bilden, welches viel leichtflüssiger ist als das Eisensilicat. Man sollte bei der leichten Oxydierbarkeit des Mangans annehmen, dass sämmtliches Mangan des Roheisens verschlackt sein müsse, ehe eine Spur von Eisen in die Schlacke übergeht. Die Praxis zeigt indessen, dass von Anfang an die Schlacke neben Mangan auch Eisen enthält und dass auch Spuren von Mangan selbst in dem fertigen Frischeisen vorhanden sind, obgleich das Mangan ausser durch directe Einwirkung des Sauerstoffes auch durch das im Laufe des Frischprocesses sich bildende Eisenoxyduloxyd leicht oxydiert wird. Wir können zur Erklärung dieser Thatsachen nur annehmen, dass die Berührung des Sauerstoffes mit den Manganmolekülen unvollständig ist, und dass bei der geringen Menge des Mangans nicht alle Manganmoleküle vom Sauerstoff getroffen werden. Im allgemeinen aber können wir sagen, dass manganhaltiges Roheisen stets eine von vornherein stark manganhaltige Schlacke liefert. Dieses kieselsaure Mangan-

oxydul $Mn\,Si\,O_3$ ist indessen nicht gleich dem kieselsauren Eisenoxydul ein Lösungsmittel für das bei fortschreitender Einwirkung des Sauerstoffes sich bildende Eisenoxyduloxyd, welches die Entkohlung des Roheisens bewirkt, so dass also das letztere sich nicht gleichmässig in der Schlacke vertheilen kann und seine Wirkung mindestens zunächst unvollständig sein muss. Dies ist der Grund, warum manganhaltiges Roheisen beim Frischprocess viel langsamer entkohlt wird als manganfreies Eisen, und da, wie wir sehen werden, die schädlichen Beimengungen Schwefel und Phosphor um so vollständiger entfernt werden, je länger der Frischprocess dauert, so wird der Mangangehalt des Roheisens auch auf die Qualität des Frischproductes einen günstigen Einfluss ausüben. Hierzu trägt noch die Leichtflüssigkeit manganhaltiger Eisenschlacken bei, infolge deren wir, da sie sich leichter vom Eisen trennen als reine Eisenschlacken und die Eisenmoleküle auch vollständiger umhüllen und so während des Processes vor zu weit gehender Oxydation schützen, ein schlackenfreieres und sauerstofffreieres Frischproduct erhalten, als aus manganfreiem Roheisen. Da die Entkohlung des manganhaltigen Roheisens sehr langsam vor sich geht, so wird man auch sicherer einen bestimmten Kohlungsgrad des Productes erreichen können. Daher ist ein Mangangehalt des Roheisens nothwendig bei dem Puddeln auf Stahl und Feinkorneisen.

Das Gesagte bezieht sich bezüglich der langsameren Entkohlung manganhaltigen Roheisens nur auf den indirecten Oxydationsprocess, nicht aber auf den Bessemerprocess, bei welchem der Kohlenstoff vom Sauerstoff direct verbrannt wird. Bei beiden Processen aber kommt die bei der Bildung des kieselsauren Manganoxyduls entstehende Verbrennungswärme dem Processe zugute.

Da bei der Darstellung des Roheisens im Hochofen der ganze in der Beschickung enthaltene Phosphor in das Eisen übergeht, so haben wir es, wenn nicht phosphorfreie Erze verwandt sind, bei der Darstellung des schmiedbaren Eisens fast immer mit phosphorhaltigem Roheisen zu thun. Der Phosphor aber ist dem schmiedbaren Eisen, besonders den höher gekohlten Qualitäten, selbst in sehr geringer Menge ausserordentlich nachtheilig und stellt seine Verwendbarkeit in Frage, so dass eine Hauptaufgabe der Frischprocesse die Beseitigung des Phosphors aus dem Roheisen ist. Die Thomas'sche Methode der Entphosphorung im Bessemerofen hat alle früheren Meinungen über das Erreichen dieses Zieles dahin modificiert, dass eine möglichst basische, also kieselsäurefreie Schlacke das einzige Mittel ist, den Phosphor des Roheisens vollständig in die Schlacke

überzuführen. Ist eine solche Schlacke vorhanden, so wird der Phosphor oxydiert. Da indessen der Kohlenstoff nach der Verbrennung des Siliciums zuerst allen Sauerstoff an sich reisst und die eisenoxydulreiche Schlacke, wie wir gesehen haben, reduciert, so wird die Abscheidung des Phosphors hauptsächlich erst nach erfolgter Entkohlung geschehen. Die Verbrennungswärme des Phosphors ist sehr bedeutend und überträgt sich vollständig auf das Metallbad, so dass man dazu übergegangen ist, beim Bessemerprocess den Phosphor direct als Brennmaterial an Stelle des Siliciums zu verwenden.

Auch der im Roheisen enthaltene Schwefel hat sehr nachtheiligen Einfluss auf das schmiedbare Eisen, so dass seine Ueberführung in die Schlacke sehr erwünscht ist. Der Schwefel wird durch Sauerstoff direct oder durch Eisenoxyde zu schwefliger Säure verbrannt. Je länger der Frischprocess dauert, um so besser gelingt die Abscheidung des Schwefels, und so kann also ein Mangangehalt des Roheisens in dieser Beziehung günstig wirken.

Das Schweisseisen.

Das Schweisseisen wird beim Herdfrischen und Puddeln im teigigen Zustande gewonnen, und die Herstellung compacter Massen aus den einzelnen Eisenkörnern setzt Schweissbarkeit dieses Productes voraus. Das Schweisseisen ist vermöge seiner Darstellung immer mehr oder weniger mit einer Schlacke gemengt, welche die oxydierten Verunreinigungen des Roheisens und ausserdem einen beträchtlichen Procentsatz von oxydiertem Eisen enthält und bei der Formgebung durch Hämmern und Walzen, zum grossen Theile vom Eisen getrennt, ausgepresst wird. Das Flusseisen dagegen, bei dessen Darstellung die beiden Flüssigkeiten, das Eisen und die Schlacke, sich vermöge ihres verschiedenen specifischen Gewichtes streng voneinander trennen, enthält keine Schlacke. Man kann annehmen, dass das gewöhnlich in den Handel kommende schmiedbare Schweisseisen 96 bis 97% metallisches Eisen und 3 bis 4% andere Stoffe, darunter etwa 3% Schlacke enthält.

Das Schweisseisen ist bei ganz geringem Kohlenstoffgehalte (bis etwa 0·1%) nicht härtbar, d. h. es lässt sich nach dem Erhitzen auf Rothglut und dann erfolgendem plötzlichen Abkühlen ebenso gut mit der Feile bearbeiten wie vorher. Bei höherem Kohlenstoffgehalt dagegen zeigt das Fabricat, dann Schweissstahl genannt, eine entschiedene Härtbarkeit. Nach dem Kriterium der Härtbarkeit unterscheidet die neuere Nomenclatur nicht härtbares Schweisseisen,

welches gewöhnlich als Schmiedeeisen schlechtweg bezeichnet wird, und härtbares, zu welchem der im teigigen Zustande gewonnene Stahl gehört. Das gewöhnliche Schmiedeeisen also hat den geringsten Kohlenstoffgehalt, dann folgt das Feinkorneisen und der Stahl, welch' letzterer bis 2·3% Kohlenstoff, wobei die Schmiedbarkeit aufhört, enthalten kann. Der Praktiker unterscheidet diese drei Qualitäten wesentlich nach dem Aussehen ihres Bruches, indem ein sonst reines Schmiedeeisen die charakteristische sehnige Structur zeigt, während Feinkorneisen und Stahl ein mit wachsendem Kohlenstoffgehalte immer feinkörniger werdendes Gefüge haben. Uebrigens wird die Structur aller drei Sorten ausser durch Kohlenstoff auch durch andere Beimengungen beeinflusst. So wird z. B. durch Silicium die Härte und Sprödigkeit des Eisens vergrössert; Phosphor dagegen wirkt auf Bildung grobkörniger Structur und bringt den sogenannten Kaltbruch hervor, bei welchem das Eisen geringe Festigkeit und grosse Sprödigkeit besitzt; Schwefel ferner bewirkt den sogenannten Rothbruch des Eisens, d. h. das Material besitzt in der Rothglut geringe Festigkeit. Uebrigens ist der Einfluss dieser Metalloide sehr wesentlich von dem Kohlenstoffgehalte des Eisens abhängig, indem kohlenstoffarmes Eisen unter sonst gleichen Umständen mehr Beimengungen verträgt als ein kohlenstoffreicheres Product.

Wollen wir nun aus dem Roheisen ein brauchbares Schweisseisen darstellen, so muss der Process auf die Oxydation des Kohlenstoffes und der schädlichen Beimengungen des Roheisens hinauslaufen. Wird die Entkohlung durch Mangangehalt begrenzt, so erhalten wir Stahl, beziehungsweise Feinkorneisen, während bei vollständiger Entkohlung Schmiedeeisen von sehnigem Bruche oder bei phosphorhaltigem Roheisen Grobkorn sich bildet. Dieser Oxydationsprocess, bei welchem wir nach Belieben alle drei Sorten von Schweisseisen darstellen können, wird in dem Frischherde oder dem Puddelofen ausgeführt.

Jedes härtbare Schweisseisen ist Stahl, jedes nicht härtbare entweder gewöhnliches (sehniges) Schmiedeeisen, oder Feinkorneisen oder Grobkorneisen. Die Erzeugung des Schweisseisens erfolgt entweder durch das Herdfrischen oder Frischen im engeren Sinne oder das Flammenofenfrischen oder Puddeln.

Bei beiden Processen wird durch die Einwirkung des Sauerstoffes auf das geschmolzene Roheisen zunächst das im Roheisen enthaltene Silicium oxydiert. Es entsteht Kieselsäure, welche mit dem gleichfalls sich bildenden Eisenoxydul eine Schlacke bildet.

Beim Herdfrischen schmilzt das Roheisen so nieder, dass die Tropfen durch den von einer Düse kommenden Wind in den

Herd fallen. Die den Herd füllende Holzkohle kommt in unmittelbare Berührung mit dem Eisen.

Beim Puddeln wird das Roheisen durch die Flamme des Brennmaterials, welches räumlich geschieden ist, eingeschmolzen, das Roheisen füllt eine Mulde des Ofens, auf dasselbe wirkt die Flamme, beziehungsweise der in derselben enthaltene freie Sauerstoff ein. Rühren befördert die Einwirkung. Bei diesem langsamen Einschmelzen unter reichlichem Luftzutritte erfolgt die Oxydation des im Eisen enthaltenen Siliciums zu Kieselsäure, welche mit gleichfalls gebildetem Eisenoxydul eine Schlacke bildet, die Rohschlacke $Fe_2 Si_2 O_6$ (Bisilicat), und heisst diese Periode die der Schlackenbildung (Feinperiode). Im weiteren Verlaufe nimmt die Rohschlacke mehr Eisenoxydul auf und geht in die Garschlacke $Fe_2 Si O_4$ (Monosilicat) über. Dieser Theil des Processes, in welchem die Entkohlung des Roheisens bereits beginnt, heisst Periode des Rohfrischens.

Die Garschlacke löst weitere Mengen von Eisenoxydul auf und wirkt nun um so kräftiger entkohlend auf das Roheisen, welches schliesslich in Schmiedeeisen umgewandelt ist; diese Periode heisst Garfrischen.

Bei dem Herdfrischen*) sind die drei Perioden meist durch dreimaliges besonderes Einschmelzen (Dreimalschmelzerei) gekennzeichnet und gleichsam voneinander getrennt. Beim Puddeln ist die erste Periode das Einschmelzen, die zweite Periode ist durch Kohlenoxydgasentweichung (kochende Bewegung des Bades) aus dem noch dünnflüssigen Bade bezeichnet, und in der dritten ist die Masse schon dickflüssig und wird immer breiiger, dem Rühren grossen Widerstand entgegensetzend.

Die Entkohlung kann als secundärer Process bezeichnet werden, indem der Sauerstoff der Luft nicht unmittelbar auf die Kohle, welche im Roheisen enthalten ist, wirkt, sondern der im Eisenoxydul enthaltene Sauerstoff den Kohlenstoff in Kohlenoxydgas verwandelt. Beim Frischen und Puddeln nimmt die Garschlacke (Monosilicat) in der Garfrischperiode weitere Mengen von Eisenoxydul auf und wirkt hierdurch kräftiger oxydierend auf den im Eisen noch enthaltenen Kohlenstoff, und zwar um so kräftiger, je mehr $Fe O$ in der Schlacke gelöst ist. Mit dem abnehmenden Kohlenstoffgehalt wird das Eisen auch weniger leichtflüssig; es geht aus dem geschmolzenen Zustande in einen teigigen über. In diesem Zustande bildet es kleine Partikelchen, die bei den mit dem

*) Ausführliches s. Tunner, Stabeisen und Stahlbereitung. Freiburg 1858.

Processe (Herdfrischen und Puddeln) verbundenen mechanischen Arbeiten sich aneinander hängen und sich zu einem Ballen, Luppe, vereinigen.

Beim Herdfrischen wendet man als Apparat den Frischherd an, welcher aus einer nicht sehr grossen, mit dicken Eisenplatten ausgelegten Grube besteht, in welche die Düse *d* (Fig. 77) eines Gebläses mündet. In diesen Herd wird zuerst Holzkohle zum Verbrennen und auf die Kohle dann das einzuschmelzende Roheisen gebracht. Das Roheisen tropft vor dem Winde und durch die vom Winde erzeugte Flamme hindurch und sammelt sich am Herdboden an. Es ist ein Gemenge von geschmolzenem, bereits verändertem Roheisen und Rohschlacke. Diese Masse wird aufgebrochen, wieder auf die Kohle hinaufgehoben und neuerlich eingeschmolzen. Aus der

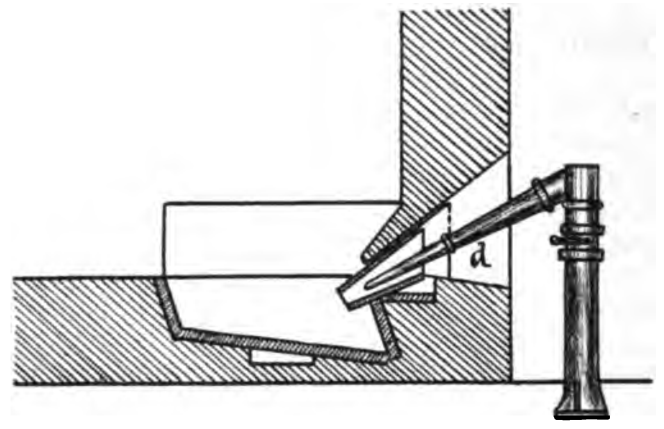


Fig. 77. Frischherd.

Rohschlacke bildet sich nun Garschlacke, die weiter Eisenoxydul aufnimmt und in Wechselwirkung das Roheisen entkohlt. Durch ein drittes Aufbrechen und Niederschmelzen wird die Entkohlung des Eisens bis zur Bildung schmiedbaren Eisens gebracht. Das an der Herdsohle sich sammelnde Material ist schon teigig. Es wird mit einer Stange zusammengedrückt und zur Luppe geformt.

Statt des dreimaligen Einschmelzens kann bei sehr kohlenstoffreichem Roheisen ein viermaliges erforderlich sein, bei kohlenstoffarmem Eisen auch ein zweimaliges genügen. Die Neigung der Düse (Richtung des Windes) und die Lage der Bodenplatte (Bodenzacken) sind von Einfluss.

Zum Frischen wird nur weisses Roheisen verarbeitet; wollte man graues benützen, so müsste durch ein vorgängiges Umschmelzen unter kräftiger Windwirkung (Feinen) das graue Roheisen in weisses verwandelt werden.

Das Herdfrischen wird jetzt nur an wenigen Orten betrieben, weil die Operation des Puddelns und noch weit mehr das Bessemern und Thomasieren schmiedbares Eisen in weit grösseren Quantitäten liefert. Für gewisse Zwecke eignet sich das im Herd gefrischte Eisen ausgezeichnet, und hat man vor einiger Zeit wieder manche Frischfeuer eröffnet. Aus sehr reinem Roheisen bekommt man durch das Herdfrischen besonders reines, zähes Schweisseisen oder Frischstahl, denn das Brennmaterial (Holzkohle) gibt zu keiner Verunreinigung des Productes Anlass.

Wesentlich anders ist sowohl die äussere Form des Ofens als die Manipulation beim Puddeln, wenn auch der chemische Vorgang derselbe ist. Beim Puddeln ist derjenige Raum, in welchem das Eisen eingeschmolzen wird, vom Brennmaterial getrennt. Man lässt nur die Flamme des Brennmaterials auf das einzuschmelzende Eisen einwirken, und daher ist die Möglichkeit geboten, minderwerthiges Brennmaterial, wie Stein- oder Braunkohle zu verwenden.

Im Puddelofen wird das Roheisen bei der durch die Verbrennung der Feuerungsgase entstehenden Temperatur zu einem flachen Bade eingeschmolzen, und die Entkohlung des Roheisens geschieht dadurch, dass die mit den Feuerungsgasen in den Arbeitsraum eintretende atmosphärische Luft durch mechanische Arbeit mit dem Eisen in Berührung gebracht wird. Diese mechanische Arbeit, welche hauptsächlich in einem Umrühren (puddling) des eingeschmolzenen Roheisens mittelst eines Hakens (Krücke) besteht, ist erforderlich, weil sich sofort bei der Einwirkung von Sauerstoff auf flüssiges Roheisen eine vermöge ihres geringeren specifischen Gewichtes über dem Eisen stehende Schlacke bildet, welche ohne dieses Umrühren die weitere Oxydation des Eisens verhindern und also die Entkohlung des Eisens stören würde. Man hat vielfache Versuche gemacht, das Umrühren des flüssigen Eisens und der gebildeten Schlacke, welches der Puddler mit seinem Haken besorgt, durch Haken zu bewirken, welche maschinell bewegt wurden, oder denselben Zweck durch Rotation des ganzen Arbeitsraumes zu erreichen gesucht, indessen sind diese Versuche, die Handarbeit entbehrlich zu machen, nur von beschränktem Erfolge gewesen, so dass auch heute noch fast ganz allgemein der Puddelprocess auf Handarbeit beruht. Die Erfindung des Puddelns, welche der Engländer Henry Cort im Jahre 1784 sich patentieren liess, war von ganz bedeutendem Einflusse auf die Civilisation unseres Jahrhunderts, weil bis 1860 die Darstellung des schmiedbaren Eisens fast ausschliesslich im Puddelofen erfolgte. Erst Cort machte die Verwendung fossiler Brennmaterialien für den Frischprocess

möglich, während man beim Herdfrischprocess nur Holzkohlen verwenden konnte, und so ist denn auch der Bergbau in grossartiger Weise durch die Einführung des Puddelns gefördert worden. Der ursprüngliche Cort'sche Puddelofen hatte einen Sandboden, auf welchem das in einem besonderen Vorbereitungsprocesse gefeinte (von seinem Gehalt an Silicium befreite) Roheisen gepuddelt wurde. Da nun aus dem Sandboden während des Processes immer neue Mengen von Kieselerde in die gebildete Schlacke übergehen, so wird sich kieselsaures Eisenoxydul, aber nur wenig Eisenoxyduloxyd $Fe_3 O_4$ bilden, welches letztere den Sauerstoff der Verbrennungsluft an die im Eisen enthaltenen Körper überträgt. Wir erhalten hier daher keine stark basische Schlacke, und so kann nur die Entkohlung des Roheisens vor sich gehen, während Phosphor und Schwefel, welche zu ihrer Oxydation stark basische Schlacke erfordern, im Eisen zurückbleiben. Das im Cort'schen Ofen erhaltene Schweisseisen musste also, falls nicht ein absolut phosphor- und schwefelfreies Roheisen verwandt wurde, sehr nachtheilige Eigenschaften bei seiner weiteren Verarbeitung zeigen, und so war es ein bedeutender Fortschritt, als Samuel Baldwyn Rogers im Jahre 1818 die Anwendung eiserner Böden mit einem Futter aus Eisenoxyden vorschlug. Man ging damit principiell von der sauren zu der basischen Ausfütterung des Herdes über, erreichte dadurch die Bildung einer stark basischen Schlacke, die vollständige Oxydation der Verunreinigungen des Roheisens und somit ein tadelloses Schmiedeeisen. Mit der Anwendung eiserner Böden und des Schlackenherdes auf denselben war der richtige Weg gefunden, und so sehen wir auch heutzutage noch das Schlackenpuddeln nach demselben Princip in Anwendung, während das Trockenpuddeln auf dem Sandboden mit seinen zur Entsilicierung des Eisens nothwendigen Vorbereitungsprocessen ganz verlassen wurde. Die Verbesserungen, welche seit Rogers beim Puddeln eingeführt wurden, beziehen sich nicht auf das von Rogers befolgte Princip, sondern nur auf die Kühlung der Herdwände, auf die Vervollkommnung der Feuerung und die Ausnutzung der Abhitze des Puddelofens. Richtige theoretische Anschauungen aber über den Verlauf des Puddelprocesses haben sehr lange nach Einführung des Processes auf sich warten lassen; erst in den Sechzigerjahren fing die Chemie an, sich mit theoretischen Untersuchungen über den Gang des Puddelprocesses zu beschäftigen, und erst seit dieser Zeit datiert der allgemeine Gesichtspunkt, unter welchem man jetzt alle Frischprocesse zusammenfasst, die Beseitigung vieler Geheimnisskrämereien und die Sicherheit und Gleichmässigkeit in der Production.

Die noch gegenwärtig übliche Einrichtung eines Puddelofens zeigt Fig. 78, sie besteht der Hauptsache nach in folgendem. Der Ofen ist ein Flammofen, dessen Hapttheil *H* von dem auf einer gusseisernen, hohl liegenden Platte ruhenden Schlackenherd gebildet wird. Der Herd *H*, etwa 1·4 bis 1·7 *m* lang, an der der Feuerung zugewandten Seite etwa 1 *m*, in der Mitte seiner Länge etwa 1·5 *m* und an der hinteren Seite des Ofens etwa 0·6 *m* breit, wird von durch Wasser oder Luft gekühlten Rändern eingefasst. Feuerung *F* und Herd *H* sind durch die aus Gusseisen bestehende, meist durch Wasser gekühlte Feuerbrücke *b* getrennt; parallel mit der Feuerbrücke quer durch den Ofen läuft die Fuchsbrücke *c*,

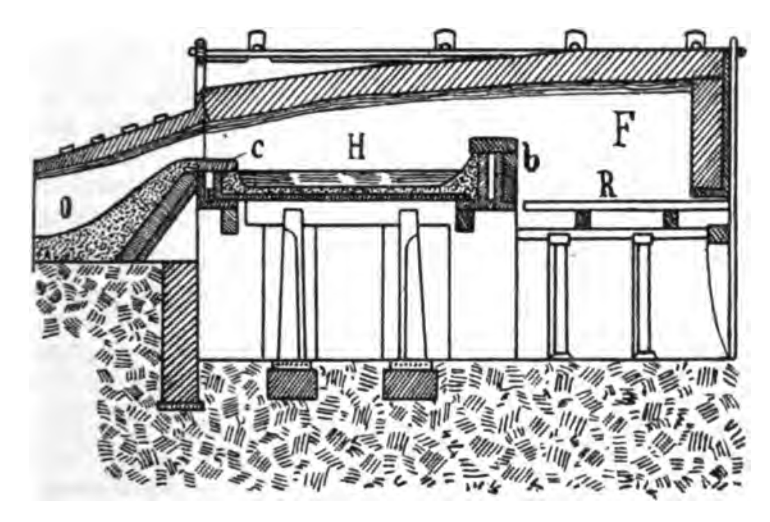


Fig. 78. Puddelofen.

welche ebenfalls aus Gusseisen besteht, durch Wasser gekühlt wird und den Abschluss zwischen Herd und Fuchs, d. h. dem die Feuergase ableitenden Zuge, bildet. Fuchs- und Feuerbrücke sind meist 250 bis 300 *mm* hoch. Der Horizontalquerschnitt des Herdes muss sich zunächst nach der Zweckmässigkeit der Feuerführung richten und nach der Zugänglichkeit aller Theile des Herdes vermittelst des in die Arbeitsthür eingeführten Gezähs des Arbeiters. Mit Rücksicht hierauf gibt man dem Herde im allgemeinen die Form eines länglichen Rechteckes, dessen der Arbeitsthür gegenüber liegende Seite einen flachen, nach der Fuchsbrücke abfallenden Bogen bildet, und dessen zwei andere Ecken abgestumpft sind. Die hintere und vordere Begrenzung des Herdes wird durch gusseiserne Platten von gleicher Höhe wie Feuer- und Fuchsbrücke gebildet, welche meist durch Luft gekühlt werden. Der ganze

Herdraum wird von einem Tonnengewölbe aus feuerfestem Material überspannt, dessen Höhe über der Bodenplatte des Herdes an der Feuerbrücke etwa 80 *cm* und an der Fuchsbrücke etwa 50 *cm* beträgt. Der eigentliche Herd besteht aus Schlacke, welche muldenförmig eingeschmolzen wird und in der Mitte des Herdes etwa 5 *cm* Dicke hat. Die Herddimensionen richten sich übrigens sehr wesentlich nach der Art des zur Verwendung stehenden Brennmaterials und nach der Grösse des Einsatzes an Roheisen, da es beim Frischprocess naturgemäss darauf ankommt, dem Eisen eine grosse Oberfläche zu geben, um alle Eisentheilchen möglichst gleichmässig mit der oxydierenden Schlacke in Berührung bringen zu können.

Man puddelt in demselben Ofen sehniges, feinkörniges und stahlartiges Schweisseisen. Als Material zum Einschmelzen des Herdes dient Schweissschlacke in Mischung mit sehr eisenhaltiger Puddelschlacke, welche man durch Zusatz von Hammerschlag schwer schmelzbar macht. Am besten ist es, nach dem Einschmelzen dieser Schlacke eine Partie guten Eisenschrott in den Ofen zu bringen und zu verschlacken, damit der Herd möglichst eisenhaltig und damit schwer schmelzbar wird.

Die Art der Feuerung des Puddelofens ist natürlich wesentlich von dem zu verwendenden Brennmaterial abhängig, und so wendet man Planroste, Treppenroste oder Gasfeuerungen an.

Ein sehr wichtiger Ofentheil ist der Fuchs, in welchen die im Herdraume verbrannten Feuergase eintreten. In neuerer Zeit führt man den Fuchs nicht mehr wie früher nach abwärts, sondern gibt demselben vom Ofen an eine geringe Steigung. Der Querschnitt des Fuchses muss, um das Feuer dem Processe entsprechend führen zu können, in richtigem Verhältniss stehen zur freien Rostfläche, damit die Feuergase weder zu schnell noch zu langsam aus dem Herdraume entweichen. Der Puddler pflegt den Querschnitt des Fuchses (etwa $^1/_{10}$ der Rostfläche), welcher übrigens ebenfalls aus feuerfestem Material besteht, durch Einfüllen oder Herausnehmen von Sand dem Ofengange entsprechend zu regulieren. Aus dem Fuchs treten die Feuergase nun, um die Abhitze des Ofens auszunützen, unter einen liegenden oder um einen stehenden Dampfkessel, und dann in die Esse, und so liefert ein Puddelwerk bei guter Kesselconstruction mehr Dampf als es für seine Betriebsmaschinen erfordert. Der Fuchs wird, um seine Höhe beliebig ändern zu können, nicht mit festem Gewölbe, sondern mit einzelnen Kappen gedeckt, welche leicht während des Betriebes abzunehmen und in ihrer Höhenlage zu verändern sind.

Die Arbeitsthür des Ofens befindet sich über der Mitte des Herdes; das Gezäh des Puddlers wird durch eine kleine Oeffnung in der Arbeitsthür in den Herdraum eingeführt. Die Arbeitsthür ist innen mit feuerfestem Material ausgekleidet. Der ganze Ofen ist mit gusseisernen Platten umgeben und allseitig gut verankert. Die Asche der Feuerung fällt bei neueren Werken in den unterirdisch gelegenen Aschenkasten, um von dort durch einen unter dem ganzen Werke fortlaufenden Canal auf die Halde befördert zu werden. Am Puddelofen sind je nach den localen Verhältnissen zwei bis drei Mann beschäftigt; der Betrieb wird nur alle acht oder vierzehn Tage behufs Reparatur der Oefen unterbrochen.

Stellen wir uns nun einen vorgewärmten Ofen mit fertigem Schlackenherde vor und betrachten wir die Verhältnisse, welche beim Einbringen einer Charge Roheisen in den Herdraum entstehen. Zunächst wird schon während des Schmelzens des Roheisens neben Eisen und etwa vorhandenem Mangan das Silicium oxydiert und es entsteht eine Schlacke von kieselsaurem Eisen-, beziehungsweise Manganoxydul, welche sich über dem Eisenbade ansammelt und das Eisen vor weiterer Verbrennung durch die oxydierende Flamme schützt. Hatten wir graues Roheisen eingeschmolzen, so wird dasselbe weiss geworden sein, indem nach der Oxydation des Siliciums der Kohlenstoff des Roheisens in den chemisch gebundenen Zustand übergeht. Der Mangangehalt des Roheisens ist während der Einschmelzperiode fast vollständig verschlackt worden, der Gehalt an Kohlenstoff ist aber derselbe geblieben, ja, infolge der Verschlackung von Eisen procentisch noch gestiegen. Nachdem nun die Temperatur des Eisenbades besonders infolge der Oxydation des Siliciums beträchtlich gestiegen ist, beginnt der Puddler mit seinem Haken das Eisenbad zu durchrühren, wobei sich aufs neue Eisen oxydiert, und zwar zu Eisenoxyduloxyd $Fe_3 O_4$, welches sich in der Schlacke auflöst und den Kohlenstoff des Eisens zu Kohlenoxyd CO verbrennt. Man erkennt die eintretende Verbrennung des Kohlenstoffes sofort an dem heftigen Aufwallen des Eisenbades. Diese Periode des Puddelprocesses, während welcher der Kohlenstoff des Roheisens verbrennt, bezeichnet man als die Kochperiode (Rohfrischen). Die Dauer derselben bestimmt wesentlich die Qualität des Frischproductes; die Oxydation des Kohlenstoffes wird um so langsamer vor sich gehen, je manganreicher das Roheisen war. Hat das Aufkochen des Eisenbades den höchsten Grad erreicht, so zeigt eine aus dem Ofen genommene Probe bereits einigermassen geschmeidige Eisenkörner. Die Einschmelzperiode und die Rohfrisch- oder Kochperiode dauern bei einem Einsatze von 250 bis 300 *kg* gewöhnlichen weissen Puddelroheisens etwa je 35 Minuten. Nach der Verbrennung des Kohlenstoffes beginnt die Garfrischperiode. Die Eisenmasse, welche jetzt aus kleinen, gefrischten Körnchen besteht, kann nicht mehr mit dem Haken gerührt, sondern muss mit der Spitze bewegt werden. Es beginnt damit das sogenannte Umsetzen, bei welchem das Eisen in kleinen, zusammengefritteten Ballen zwischen der Schlacke im Ofen von einer Seite zur anderen bewegt wird. Während dieser Zeit, also nach der Entkohlung, wird der meiste Phosphor verschlackt, und man weiss, dass die Qualität des Frischeisens um so besser wird, je feiner und öfter umgesetzt wurde. Diese Periode des Processes entspricht vollständig, wie wir später sehen werden,

dem sogenannten „Nachblasen" beim Bessemerprocess im basischen Converter, wo auch die Entphosphorung hauptsächlich erst nach erfolgter Entkohlung des Metallbades stattfindet. Nachdem nun beim Umsetzen je nach der zu erzielenden Qualität mehrere Spitzen warm gemacht sind, beginnt endlich das Luppenmachen, bei welchem die Eisenkörnchen zu einigen grösseren Ballen, den Luppen, vereinigt werden. Mit dem Herausbringen der Luppen aus dem Ofen ist der Puddelprocess beendigt.

Die aus dem Puddelofen ausgebrachten Luppen werden nun zunächst unter dem Dampfhammer zu quadratischen Kolben ausgeschmiedet, wobei ein grosser Theil der aus dem Ofen mitgenommenen Schlacke ausgepresst wird, und alsdann unter dem Luppenwalzwerk zu meist flachen Stäben, den Rohschienen, ausgewalzt. Bezüglich der Productionsverhältnisse finden wir, dass vom Roheisen bis zu den ausgewalzten Luppen ein Abbrand von 9 bis 14% je nach Qualität des Roheisens zu constatieren ist. Der Einsatz beträgt 200 bis 300 *kg*, die Zahl der Chargen sechs bis acht in zwölf Stunden und die Production 1500 bis 2000 *kg* in zwölf Stunden je nach der Qualität des Roheisens und des zu erzielenden Luppeneisens. Der Kohlenverbrauch stellt sich auf etwa 750 bis 1000 *kg* auf 1000 *kg* ausgewalzte Luppen.

Der Puddelprocess liefert nur Halbfabricat, welches vor der weiteren Verarbeitung genau nach Qualitäten sortiert werden muss. Die Beurtheilung dieser Qualitäten geschieht im praktischen Leben nach dem Aussehen des Bruches der gewalzten Luppenstäbe, Rohschienen. Die schlechteste Qualität ist der sogenannte Kaltbruch, ein Material von ganz grobkörnigem Bruche, welcher besonders durch zu hohen Phosphorgehalt hervorgerufen wird. Dann folgt das mehr oder weniger langsehnige Eisen von der charakteristischen sehnigen Structur, welches die meisten Verwendungszwecke findet. Wurde die Entkohlung des Roheisens infolge Mangangehaltes im Puddelofen verzögert, so finden wir den Bruch der Luppen je nach dem Gehalte an Kohlenstoff mehr oder weniger feinkörnig und unterscheiden hiernach Puddelstahl und Feinkorneisen. Das genaue Sortieren des Luppeneisens ist zur Erzielung gleichmässiger Qualitäten fertigen Schweisseisens von grösster Wichtigkeit. Aus dem Luppeneisen (Rohschienen) werden Pakete gebildet, welche man in dem Schweissofen erhitzt und alsdann zwischen Walzen in die verlangte Form bringt. Der Schweissofen, welcher vielfach mit Gasfeuerung versehen ist oder mit Unterwind arbeitet, gehört wie der Puddelofen zu der Gruppe der Flammöfen und unterscheidet sich in äusserer Grösse und Form nicht sehr wesentlich von dem

Puddelofen. Der Herd des Schweissofens aber besteht aus einem flachen Sandboden, auf welchem die Pakete je nach Bedürfniss der Stichflamme des Ofenfeuers mehr oder weniger ausgesetzt werden, damit sie in die gehörige Schweisshitze (für sehniges Schweisseisen 1300 bis 1400° C.) gelangen. Der Sand des Ofenherdes bildet nun mit den bei der Erhitzung des Luppeneisens sich bildenden Oxyden eine leichtflüssige Schlacke, welche unter dem Drucke des Hammers oder der Walzen ausgepresst wird und den Rohschienen gestattet, zu einer möglichst homogenen Masse zusammenzuschweissen. Mit dem Schweissen der weissglühenden Pakete zwischen Walzen wird gleichzeitig die Formgebung derselben verbunden, wie sie zu den Verbrauchszwecken des Handelseisens erforderlich ist.

Flussstahl und Flusseisen.

Unter Flussstahl und Flusseisen versteht die neuere Nomenclatur im Gegensatze zum Schweisseisen im flüssigen Zustande hergestellte schlackenfreie Producte, welche wie die Modificationen des Schweisseisens nach dem Kriterium der Härtbarkeit unterschieden werden. Die wichtigste und das gegenwärtige Zeitalter beherrschende Methode der Erzeugung von Flussstahl und Flusseisen aus Roheisen ist ohne Zweifel der nach seinem Erfinder, dem Engländer Henry Bessemer, benannte Bessemerprocess. Das erste diesbezügliche englische Patent erhielt Bessemer am 17. October 1855, und seit diesem Zeitpunkte datiert das Zeitalter des Stahles (Stahlzeit). Die grössten Umwälzungen vollzogen sich und das menschliche Geschlecht gelangte auf eine nie geahnte Stufe der Entwickelung. Seit der Erfindung Bessemer's streitet der Stahl mit dem Eisen um die Herrschaft, und zwar mit ausgezeichnetem Erfolge. Besonders seit der Wiener Weltausstellung im Jahre 1873, vor welcher übrigens schon die Köln-Mindener Eisenbahn über 300 *km* Stahlgeleise besass, ist, hervorgerufen durch die grossartigen Eisenbahnbauten in allen Culturländern, der Consum des Bessemerstahles für Eisenbahnmaterial und damit die Entwickelung des Bessemerprocesses in einem überraschenden Masse gestiegen. Bereits im Jahre 1878 wurde das ursprüngliche Bessemerverfahren von Thomas in einer Weise umgeändert, dass die früher für unmöglich gehaltene Entphosphorung des Roheisens bei der Stahlerzeugung gelang.

Der Bessemerprocess gehört zu den Frischprocessen. Das wesentliche desselben besteht, wie schon Bessemer in seinem ersten Patente sagte, in dem Durchblasen von Luft durch flüssiges Roh-

eisen bis zur Entkohlung in Stahl und in dem Ausgiessen des Stahles in Formen. Die chemischen Vorgänge beim Bessemern unterscheiden sich im allgemeinen nicht von denjenigen bei den übrigen, bereits behandelten Frischprocessen. Beim Bessemerprocess wirkt die Verbrennungswärme des im Roheisen selbst enthaltenen Brennmaterials so bedeutend, dass sogar das vollständig entkohlte schmiedbare Eisen dünnflüssig erhalten wird. Ein besonderes Brennmaterial, um während des Frischens des Roheisens die Temperatur aufrecht zu erhalten, ist beim Bessemerprocess nicht erforderlich.

Fig. 79. Bessemerofen oder Converter.

Das von grösstem Erfolge begleitete Eingreifen der Chemie in den praktischen Hüttenbetrieb der letzten Jahrzehnte hat gelehrt, dass in chemischer Beziehung, was früher vielfach bestritten wurde, der Bessemerprocess vollständig dem Puddelprocess entspricht, ja, die Aehnlichkeit beider Methoden geht so weit, dass die Thomas'sche Erfindung, die neueste Entwickelungsstufe des Bessemerverfahrens, genau auf derselben Grundlage beruht, wie das im Jahre 1840 bereits erfundene Puddeln auf einem mit basischer Schlackenfütterung versehenen Herde. Jetzt wissen wir, dass das Roheisen sich bei allen Frischprocessen vollständig gleich verhält, und dass einzelne Unterschiede der Processe in chemischer Beziehung nur durch die Art der Arbeit, die Temperatur u. s. w. bedingt werden.

Der Bessemerprocess wird, da ein feststehender Ofen mehrfache Nachtheile mit sich bringt, in einem um Zapfen kippbaren Gefässe von birnförmiger Gestalt, dem Converter, ausgeführt, welches aus Eisenblech besteht und mit feuerfestem, bei der alten Methode fast rein kieseligem Futter versehen ist. Der Boden des Converters ist aus einem besonderen, nach oben verjüngten conischen Theil gebildet, welcher leicht ausgewechselt werden kann. In diesen Boden ist eine Reihe von Düsen oder Formen eingesetzt, durch welche der Gebläsewind, dem oben angegebenen Princip

des Processes gemäss, aus dem unter dem Boden befindlichen eisernen Windkasten in das in der Birne stehende flüssige Roheisen eingeblasen wird. In den Windkasten gelangt der Gebläsewind aus der einen zu diesem Zwecke hohl construierten Achse des Converters durch ein zum Windkasten gehendes Rohr. Die andere Achse des Converters ist dagegen massiv und mit einem

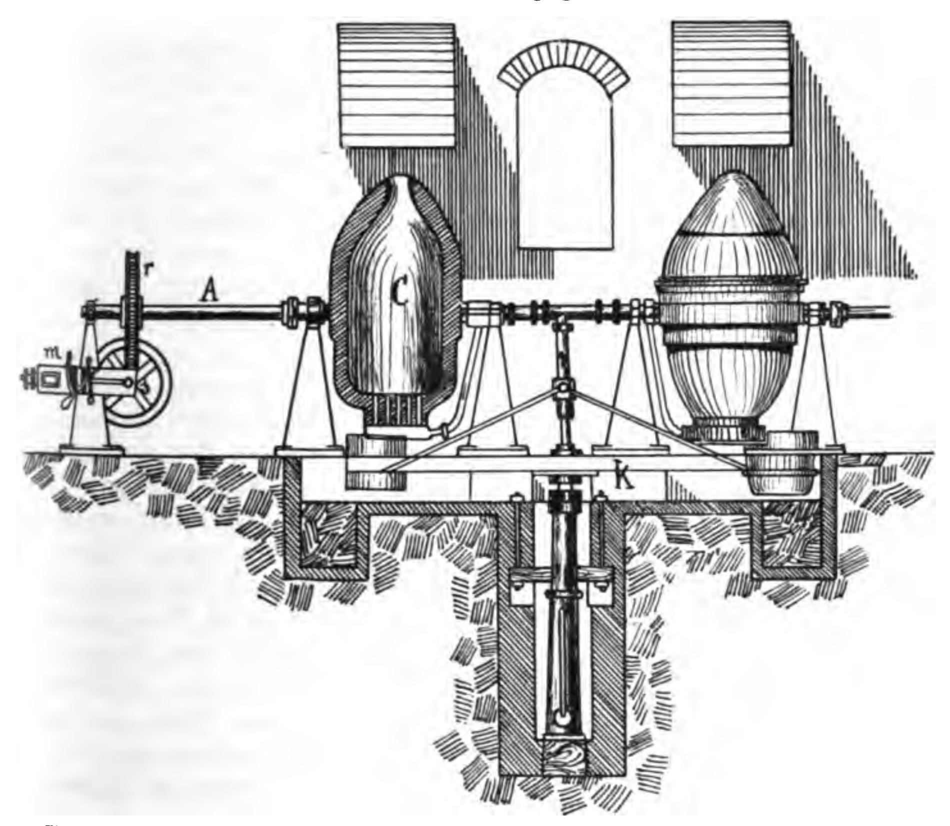


Fig. 80. *C* Converter, *A* Converterachse, *r* Schraubenrad, *m* Reversiermaschine, *K* Pfannenkrahn.

Zahnrade oder Schraubenrade versehen, in welches entweder eine durch hydraulischen Druck bewegte Zahnstange oder eine von einer kleinen Reversiermaschine angetriebene Schraube eingreift, so dass bei der Bewegung der Zahnstange oder Schraube der ganze Converter gekippt werden kann. Während des Blasens ist der Hals des birnförmigen Converters nach oben in den Kamin gerichtet; das Ausgiessen des fertigen Stahles erfolgt nach einer Drehung um etwa 180°. Gewöhnlich sind die neueren Birnen auf einen Einsatz von 5000 bis 12000 *kg* berechnet. Dieses ganze Quantum

wird in 20 bis 30 Minuten zu schmiedbarem Eisen verarbeitet, und so ist es erklärlich, dass die Productionsfähigkeit eines Bessemerconverters im Verhältnisse zu den übrigen Frischapparaten eine ganz ungeheure ist und der Apparat eine ungeahnte Massendarstellung ermöglicht. Früher pflegte man zwei Converter in der Weise zusammenarbeiten zu lassen, dass nach jeder Charge die Apparate gewechselt wurden; jetzt aber bläst man meistens mit einer Birne so lange wie der Boden hält und repariert inzwischen die andere. Die Productionszahl eines Converters ist also immer auf ein Paar dieser Apparate zu beziehen. Das Futter des Converters bestand bei dem alten Verfahren, wie schon kurz angedeutet wurde, aus einer kieseligen Masse, etwa 7 Theile Quarzsand, 1 Theil feuerfester Thon, aus welcher das Futter der Birne gestampft wurde. Gegenwärtig formt man aus derselben sauren Masse Ziegel und mauert damit den Converter aus, nur der Boden und mitunter der zunächst an den Boden anschliessende Theil der Birne wird noch gestampft.

Ein besonderes Brennmaterial zum Frischen des Roheisens und zum Flüssighalten des entkohlten Productes wird durch die bedeutende Wärmemenge entbehrlich, welche bei der durch den Sauerstoff der in das Roheisen eingeblasenen Gebläseluft bewirkten Oxydation von Silicium, Eisen, Mangan und Kohlenstoff entsteht. Durch die Verbrennung des Siliciums wird die grösste Wärmemenge erzeugt, selbst wenn der Procentgehalt des Eisens an Silicium viel geringer als derjenige an Kohlenstoff ist. Vom Puddelprocess unterscheidet sich der chemische Verlauf des Bessemerprocesses sehr wesentlich dadurch, dass infolge der gebildeten sauren Schlacke, deren Kieselsäure zum grossen Theil aus den Wandungen des Converters stammt, eine Abscheidung des Phosphors aus dem Roheisen gar nicht stattfindet und auch der Schwefel nur unvollständig beseitigt wird. Ferner enthält auch das im Converter vollständig entkohlte Roheisen im Gegensatz zum gepuddelten Eisen noch Spuren von Mangan und hat Oxyde gelöst, ehe aller Kohlenstoff entfernt wurde.

In diesen kurzen Andeutungen sind die hauptsächlichen Bedingungen für ein gutes Bessemerroheisen enthalten; dieses Eisen muss einen äussert geringen Gehalt an Phosphor und Schwefel, dagegen zur Erzielung „warmgehender Chargen" einen hohen Gehalt an Silicium haben. Aus letzterem Grunde kann hauptsächlich nur stark graues Roheisen verwandt werden, da ja, wie wir früher gesehen haben, ein hoher Siliciumgehalt des Roheisens die Aufnahme des Kohlenstoffes als chemisch gebundenen verhindert. Das

Silicium ist also das eigentliche Brennmaterial für den Bessemerprocess. Das einfachste Mittel zur künstlichen Wärmeerhöhung wurde in der Ueberhitzung des zu „verblasenden" Roheisens im Schmelzofen gefunden. Das deutsche Bessemerroheisen hat infolge der theilweisen Verwendung manganhaltiger siegerländischer Erze gleich dem steierischen aus Spateisensteinen erblasenen Roheisen meist einen Mangangehalt von 3 bis 3·5%, welcher insofern vortheilhaft ist, als er beim Bessemerprocess die Schlacke flüssig macht. Dagegen hat das reine englische Hämatitroheisen nur Spuren von Mangan. Uebrigens zeigt eine Charge von stark manganhaltigem Roheisen einen sehr heissen Gang, weil die Verbrennungswärme des Mangans höher ist als diejenige des Eisens, wie ja auch die zur Reduction des Mangans aus den Erzen erforderliche Temperatur beträchtlich höher ist als die zur Reduction des Eisens nöthige Temperatur.

Die bei der Verbrennung entwickelte Wärme, abzüglich der durch die entweichenden Gase mitgeführten, vertheilt sich auf das Eisenbad, die Schlacke und die Wandungen des Converters. Die im fertigen Stahl enthaltene Wärmemenge ist die Summe der im Roheisen beim Einguss in den Converter vorhandenen und der beim Frischen erzeugten Wärme abzüglich der für den Process verlorenen Wärme. Bei normalem Verlaufe des Bessemerprocesses wird durch die kolossale Wärmemenge ein völlig entkohltes Eisen sehr gut flüssig erhalten, es muss also eine Temperatur über 2000° C. vorhanden sein. Diese enorme Temperatur des Eisenbades gestattet einen beträchtlichen Zusatz von Stahlabfällen, welche man gewöhnlich nach der Entkohlung oder nach dem Eingiessen des fertigen Stahles in die Giesspfanne im kalten oder vorgewärmten Zustande zusetzt. Wir erwähnten bereits, dass sonderbarerweise selbst das im Converter noch nicht völlig entkohlte Roheisen Sauerstoff aus dem Gebläsewinde aufgenommen habe, welcher in Form von Oxyden vorhanden ist. Dieser Gehalt des Metalles an Oxyden hindert seine Schmiedbarkeit, so dass zur Beseitigung des Sauerstoffes am Schlusse des Bessemerprocesses eine Desoxydation des Metallbades stattfinden muss. Zu diesem Zwecke benützt man das so leicht oxydierbare Mangan in Form von Spiegeleisen oder Ferromangan und setzt hiervon nach Entkohlung des Roheisenbades eine entsprechende Menge in flüssigem Zustande zu. Mit dem Spiegeleisen oder Ferromangan führt man aber gleichzeitig eine gewisse Menge Kohlenstoff in das Eisenbad ein, von welchem beide Roheisensorten immer 4 bis 5% enthalten, so dass mit der Desoxydation des Metallbades

gleichzeitig eine „Rückkohlung" desselben stattfindet. Je mehr Mangan dieser letzte Zusatz auf dieselbe procentuale Menge von Kohlenstoff enthält, umsoweniger Kohlenstoff wird bei der Desoxydation des Metallbades in das Metall eingeführt. Aus diesem Grunde wendet man zur Darstellung weicher Flusseisenqualitäten möglichst hochprocentiges Ferromangan an.

Die Desoxydation des Metallbades kann auch durch Zusatz von hochsiliciertem Roheisen, Ferrosilicium, oder von hochgekohltem weissen Roheisen, welches den Kohlenstoff im chemisch gebundenen Zustande enthält, geschehen. Im ersteren Falle wird das Silicium oxydiert und geht als Kieselsäure $Si\,O_2$ in die Schlacke, im zweiten Falle wird durch den im Metallbade enthaltenen Sauerstoff der chemisch gebundene Kohlenstoff verbrannt. Das Mangan beseitigt indessen am raschesten die Oxyde, daher die Anwendung des Spiegeleisens und Ferromangans; wenngleich der Zusatz der manganhaltigen Producte immer den Uebelstand mit sich bringt, dass ein Theil des Mangans im fertigen Stahl bleibt und höchst wahrscheinlich auf die Schweissbarkeit und Zähigkeit des Stahles nachtheilig einwirkt. In Deutschland und England wird allgemein die Rückkohlung des entkohlten Metallbades durch in Oefen geschmolzenes und in die Converter eingelassenes Spiegeleisen oder Ferromangan bewirkt, auch wird Coaks zur Rückkohlung in die Pfanne zugesetzt; in Schweden dagegen wird öfter das Roheisen zuerst nicht vollständig entkohlt, sondern der Kohlenstoffgehalt direct auf die gewünschte Höhe gebracht. In Schweden findet also häufig keine Rückkohlung statt, der schwedische Bessemerstahl enthält deshalb auch nur Spuren von Mangan, was vermuthlich für die bekannte gute Schweissbarkeit desselben von Wichtigkeit ist.

Wir haben nun noch bezüglich der in einem Bessemerwerk nothwendigen Apparate zu bemerken, dass in keinem anderen Zweige der Eisenindustrie der hydraulische Druck in so ausgedehnter Weise wie hier zur Bewegung von Apparaten und zur Hebung grosser Gewichte angewendet wird. Der Laie wird bei Besichtigung eines Bessemerwerkes erstaunt sein über die Sicherheit, mit welcher durch einen Hebeldruck der Converter sowie der Giesskrahn, welcher in der vor den beiden Convertern befindlichen Giessgrube angebracht ist, beliebig nach oben oder unten bewegt wird, um die auf demselben stehende „Giesspfanne", ein mit feuerfestem Material ausgekleidetes, eisernes, cylindrisches Gefäss, dem Converter so nahe zu bringen, dass der Ausguss des fertigen Stahles in die Giesspfanne bequem erfolgen kann. Sodann wird die Giesspfanne über

die in der Giessgrube stehenden eisernen Formen, die sogenannten „Coquillen", bewegt, und aus dem im Boden der Pfanne angebrachten Abstichloch, welches durch einen Stopfen verschliessbar ist, ein beliebiges Quantum Stahl in jede Coquille eingelassen. Es wird gewöhnlich ein Wasserdruck von 12 bis 15 Atmosphären angewandt; zur Ausgleichung des Druckes und zur Ansammlung des durch Pumpen geförderten gepressten Wassers dienen die sogenannten Accumulatoren, es sind dies in den Boden versenkte Cylinder mit stark belastetem Plungerkolben.

Verfolgen wir nun kurz den Verlauf einer „Charge", so werden wir wahrnehmen, dass es in der gesammten Industrie keinen Process gibt, der an Schönheit und Grossartigkeit den Vergleich mit dem Bessemerprocess aushielte. Wir möchten sogar sagen, dass auf den Laien dieser Process einen überwältigenden, dramatischen Eindruck macht, besonders wenn im Dunkel der Nacht die blendende Converterflamme weithin die Gegend erleuchtet und vollständig den Effect des elektrischen Lichtes hervorruft. Der Besuch eines Bessemerwerkes ist zu empfehlen, weil jeder Gebildete hier erkennt, dass die handwerksmässige Behandlung des Hüttenprocesses aufgehört hat und ein auf streng wissenschaftlicher Grundlage beruhender Betrieb stattfindet. Die Charge beginnt mit dem Füllen des stark vorgewärmten Converters mit flüssigem Roheisen, welches in oberhalb des Converters stehenden Oefen umgeschmolzen und entsprechend überhitzt ist. Nach vollendeter Füllung (gewöhnlich 6000 bis 12.000 *kg*) wird der Converter aufgekippt, so dass die Mündung in den Kamin hineinragt, während gleichzeitig, bevor das flüssige Roheisen den mit Düsen versehenen Boden des Converters berührt, das Windventil geöffnet und der Luftstrom durch das Eisen getrieben wird. Wir sehen anfänglich nur einen nicht selbst leuchtenden, sondern nur von innen roth durchscheinenden Gasstrom aus dem Converter austreten, welcher rothleuchtende Eisentheilchen mit sich führt. Allmählich aber wird die Flamme selbstleuchtend und erhält ein orangefarbenes Ansehen, untermischt mit blauen Streifen, und ist von einer weissen Hülle umgeben, ein Zeichen von an der Luft verbrennenden Gasen. Die Leuchtkraft der Flamme wächst zusehends, weissglühende Eisen- und Schlackentheilchen sind ihr beigemengt. In dieser ersten Periode des Processes, welche etwa 10 bis 12 Minuten dauert, wird nun, wie immer bei der Einwirkung von Luft auf flüssiges Roheisen, zuerst das Silicium oxydiert und der Kohlenstoff in den chemisch gebundenen Zustand übergeführt; man bezeichnet dieses Stadium, wie bei allen Frischprocessen, als Fein- oder Schlackenbildungs-

Periode, weil sich die aus der Verbrennung des Siliciums entstehende Kieselsäure $Si\,O_2$ mit einer entsprechenden Menge Eisen und Mangan zu einer Schlacke (Singulosilicat) vereinigt. In der folgenden zweiten Periode (Kochperiode oder Entkohlungsperiode) nimmt diese Schlacke das in grossen Mengen gebildete Eisenoxyduloxyd $Fe_3\,O_4$ auf, welches bei der durch die Verbrennung des Siliciums stark gesteigerten Temperatur schnell auf den Kohlenstoff des Eisens einwirkt. Ganze Garben von Eisen und Schlacke sind als Funken der Flamme beigemengt, da das rasch gebildete Kohlenoxyd $C\,O$ ein heftiges Aufschäumen der Masse bewirkt. Die Flamme wird sehr hell und stark leuchtend, sogar beinahe weiss. Allmählich wird die Flamme ruhiger und durchsichtiger und zeigt blaue und violette Streifen. Sobald die Flamme kurz wird, ist die Entkohlung vollendet, und wir haben jetzt ein fast kohlenstofffreies Eisenbad im Converter. Die Flamme ist übrigens während dieser Periode von 7 bis 8 Minuten Dauer fast immer von einem weissen oder gelbbraunen Rauche umgeben, welcher aus verdampfender Schlacke, d. h. kieselsaurem Mangan- und Eisenoxydul besteht. Bei stark manganhaltigem Roheisen sieht man dicke, braune Wolken in den Kamin entweichen, welche bei der Beobachtung der Flamme störend wirken. Von höchstem wissenschaftlichen und technischen Interesse ist die nun zu behandelnde spectroskopische Beobachtung*) der Flamme.

Als äusseres Kennzeichen für die Beurtheilung des Verlaufes einer Bessemercharge hat man stets die aus dem Converter entweichende Flamme benützt, welche bei Verwendung constanter Roheisenqualitäten immer dieselben Erscheinungen zeigt. Die Beobachtung der Flamme durch das Spectroskop liefert beachtenswerthe Anhaltspunkte. So viel scheint festzustehen, dass es im wesentlichen ein Manganspectrum ist, welches erlischt, sobald kein Mangan mehr verbrennt. Das Verschwinden des Manganspectrums (gewisser Linien) steht im Zusammenhange mit der Entkohlung des Metallbades, und es wird in der Praxis gewöhnlich das Verschwinden bestimmter Linien im grünen Felde (meist schlechtweg als Kohlenstofflinien bezeichnet) als der Zeitpunkt nahezu vollständiger Entkohlung des Eisenbades angenommen. Die Praxis gibt hier sehr bald für eine bestimmte Roheisenmischung die richtigen Fingerzeige, und so gelingt es mit Hilfe des Spectroskops auch dem Meister und Arbeiter sehr leicht, den Moment der Entkohlung mit Sicherheit zu erkennen. In diesem Stadium des Processes strömt aus der Mündung des Converters ein

*) Durch den Oesterreicher, Prof. Andreas Lielegg eingeführt.

nicht selbstleuchtender, aber von innen hell erleuchteter und durchsichtiger Gasstrom aus. Nun wird der Converter geneigt und man schreitet zur Desoxydation und Rückkohlung des Metallbades. Zu diesem Zwecke wird Spiegeleisen, welches in einem besonderen Ofen geschmolzen wurde, in den Converter eingelassen, oder man verwendet rothglühendes oder auch kaltes Ferromangan. Der Converter wird nochmals etwas aufgekippt und der Windstrom behufs guter Mischung des Spiegeleisens noch etwa eine halbe Minute durchgeblasen, worauf die Charge vollendet und zum Ausgiessen fertig ist. Die gesammte Blasezeit einer Charge dauert 20 bis 30 Minuten. Die Windpressung variiert einigermassen in den verschiedenen Perioden des Processes je nach den äusseren Erscheinungen, sie wechselt zwischen 1·2 und etwa 2·0 *kg* per Quadratcentimeter Ueberdruck.

Es erfolgt zunächst das Ausgiessen der Charge aus dem Converter in die unter die Mündung desselben gehobene Giesspfanne. Zuerst fliesst die auf dem Metallbade stehende Schlacke aus, welche sich aber natürlich bei weiterem Ausgiessen wieder über dem specifisch schwereren Stahl in der Pfanne sammelt. Schon beim Einlassen des Spiegeleisens in den Converter können wir eine heftige Reaction bemerken, indem das Metallbad in heftiges Kochen geräth und eine hellleuchtende Flamme von verbrennendem Kohlenoxyd aus dem Converter entweicht. Diese Reaction setzt sich meist in der Giesspfanne noch fort, so dass die Metallmasse heftig kocht und die Schlacke über den Rand der Giesspfanne läuft. — Man lässt die Masse sich beruhigen und schreitet sodann zum Eingiessen des fertigen Stahles in die dazu bereitstehenden eisernen Formen, die Coquillen; und zwar entweder aus der Abstichöffnung der Giesspfanne direct von oben in jede einzelne Coquille, oder aber durch Vermittlung eines langen Trichters, welcher durch aus feuerfester Masse bestehende Canäle mit einer Reihe von Coquillen derart in Verbindung steht, dass der flüssige Stahl von unten gleichzeitig in eine grössere Zahl, gewöhnlich acht bis zwölf, Coquillen eintritt (communicierender Guss). Vielfach müssen, damit der Stahlblock bei etwaigem „Steigen" des Stahles nicht porös wird, die Coquillen mit Sandverschluss gedeckt werden. Es sei übrigens erwähnt, dass man, um eine starke Compression des flüssigen Stahles vor dem Erstarren zu bewirken, hierzu an einigen Stellen mit gutem Erfolge Dampfdruck oder hydraulischen Druck benützte. Ganz besondere Aufmerksamkeit hat man seit langer Zeit auf die Herstellung von „dichtem Guss" verwandt. Es hat sich ein Zusatz von Ferrosilicium oder Ferroaluminium kurz vor dem Gusse als vortheilhaft erwiesen, jedoch kann man auch

ohne diesen Zusatz dichten Guss erzielen, indem man die Giesstemperatur sorgfältig beobachtet und die Charge nach der Entkohlung so stark überbläst, dass beim Zusatz von Spiegeleisen eine möglichst heftige Reaction eintritt. Der Stahl enthält nämlich, wie Müller experimentell nachgewiesen hat, Gase absorbiert, welche zum grossen Theil aus Wasserstoff bestehen, der durch Zersetzung des Wasserdampfes der Gebläseluft entstanden ist, und eine heftige Entwickelung von Kohlenoxydgas beim Zusatze von Spiegeleisen wirkt in rein mechanischer Weise derart, dass die übrigen Gase von dem aus dem flüssigen Stahl ausströmenden Kohlenoxydgas CO mitgerissen werden, ähnlich wie man aus wässerigen Gas-Absorbtionen mittelst Durchleitung eines Luftstromes die Gase austreiben kann.

Behandeln wir in Kürze die Productionsverhältnisse eines Bessemerwerkes nach altem Verfahren unter Annahme rheinisch-westfälischer Normen, so beträgt die Production eines Converterpaares bei 7500 *kg* Einsatz per Charge etwa 200 *t* Rohblöcke in 24 Stunden, also ebenso viel wie die Production von 60 Puddelöfen. Die Chargenzahl in derselben Zeit ist auf 28 bis 30 anzunehmen der Abbrand auf 10 bis 11%. Unsere grossen Werke verarbeiten fast ausschliesslich eigenes Bessemerroheisen und haben darin eine besondere Gewähr für gleichmässige und brauchbare Qualität, da es beim Bessemern ganz besonders auf gleichmässige Qualität ankommt. Unter Umständen wird bis zu 10% an Stahlabfällen verarbeitet, der Zusatz von Spiegeleisen mit 10 bis 12% Mangan beträgt etwa 8%. Der Verbrauch von Kohlen zum Kesselheizen etc. beträgt etwa 40%, der Verbrauch an Coaks etwa 20% des Ausbringens. Verfolgen wir gleich weiter das Schmieden und Auswalzen des Rohblockes zur fertigen Eisenbahnschiene, so haben wir hier wieder einen Kohlenverbrauch von etwa 35% des Ausbringens an fertigen Schienen und einen Abbrand von etwa 5·5%, so dass vom Roheisen bis zur fertig gewalzten Stahlschiene ein Gesammtabbrand von etwa 15 bis 18% stattfindet, worin schon ein ungeheurer Vortheil gegenüber der Schienenfabrication aus Schweisseisen liegt.

In der Herstellung der Converterböden hat man bedeutende Fortschritte gemacht. Während früher die aus feuerfester Masse gestampften Böden nur 15 bis 20 Chargen aushielten, kann man jetzt auf einem aus feuerfester Masse mit zwischengesetzten Steinen hergestellten Boden leicht 30 Chargen ausführen. Sorgt man für vorsichtiges und starkes Anwärmen des Bodens vor dem Einlassen der Charge und lässt den Converter (was bei zwei Giessgruben sehr leicht geht) nach der Charge regelmässig abkühlen, so kann diese Zahl ganz beträchtlich überschritten werden. Die Ausmauerung des Converters selbst wird beim jedesmaligen Einsetzen des Bodens, in welchen übrigens auch leicht Düsen eingesetzt werden können, ausgebessert, sie braucht gewöhnlich nur zweimal im Jahre erneuert zu werden. Das innere Futter der Cupolöfen zum Schmelzen des Roheisens dauert etwa 60 Chargen, dasjenige der Cupolöfen zum Schmelzen des Spiegeleisens aber nur 30 Chargen, die Fütterung der Giesspfanne hält mindestens 100 Chargen aus. Diese Zahlen geben nur ein allgemeines Bild dieser Verhältnisse, da sie naturgemäss abhängig sind von der Art des verwandten feuerfesten Materials. Ueber die Anlagekosten einer Bessemerei sei folgendes bemerkt: Unter den gegenwärtigen Verhältnissen würde man ein vollständig eingerichtetes Bessemerwerk mit 2 Convertern zu 7 *t*, 4 Cupolöfen, 2 Spiegeleisenöfen, einer Gebläsemaschine von 300 Pferdekräften, den nöthigen Pumpen und dem Accumulator, sowie einer Kesselanlage mit etwa 800 m^2 Gesammt-

heizfläche für eine Bausumme von etwa 600.000 Mark herstellen können. Wenn man bedenkt, dass man mit einer derartigen Anlage bei viel kleinerer bebauter Fläche bequem ebenso viel producieren kann wie mit 60 Puddelöfen, so leuchten die grossartigen Vortheile des Bessemerverfahrens auch bezüglich des Anlagecapitals sofort ein.

Während im Jahre 1871 die Production an Eisenschienen in Deutschland noch 320.619 *t* und diejenige an Stahlschienen nur 128.406 *t* betrug, wurden im Jahre 1876 bereits 253.746 *t* Stahlschienen und nur noch 126.288 *t* Eisenschienen erzeugt. Im Jahre 1878 waren in Deutschland nur 35 Bessemerbirnen in Betrieb, welche die kolossale Production von 491.763 *t* Bessemerstahl lieferten. Hiervon wurden allein 374.761 *t* zu Eisenbahnschienen verwandt. Gegenwärtig werden bekanntlich Schienen aus Schweisseisen nur noch in seltenen Fällen gewalzt, da die Stahlschienen eine viel grössere Haltbarkeit und Sicherheit im Betriebe bei fast gleichem Preise aufweisen.

Es war, wie wir gesehen haben, durch Einführung des Bessemerprocesses möglich geworden, mit bedeutender Ersparniss an Kohlen, Handarbeit und Arbeitslöhnen innerhalb gewisser Grenzen jede beliebige Qualität Flusseisen herzustellen, wozu man allerdings nur phosphorfreies Roheisen verwenden konnte. Um nun aber auch phosphorhaltiges Roheisen zu brauchbarem Stahl verarbeiten zu können, richtete die metallurgische Welt seit langer Zeit ihr besonderes Augenmerk auf eine rationelle Beseitigung des Phosphors aus dem Roheisen. Niemand dachte daran, dass die Entphosphorung des Roheisens beim Bessemerprocess selbst möglich sei, weil die chemische Erkenntniss der Möglichkeit der Phosphorverschlackung fehlte und man glaubte, schon die hohe Temperatur des Metallbades im Converter verhindere die Abscheidung des Phosphors. Man versuchte deshalb auf die verschiedenste Weise, aber ohne durchschlagenden Erfolg, die Erze von ihrem Gehalt an Phosphorsäure zu befreien (Versuche in Kladno) oder auch das Roheisen vor dem Verblasen im Converter zu reinigen. Die letzteren Methoden aber scheiterten daran, dass vor dem Phosphor ein grosser Theil des Siliciums des Roheisens verschlackt wurde, welches als hauptsächlichste Wärmequelle des Bessemerprocesses nicht entbehrt werden konnte. Erst in neuerer Zeit (1878) brachte die Erfindung des Engländers T h o m a s in genialer und einfacher Weise die Lösung der hochwichtigen Entphosphorungsfrage. Es gelang ihm nachzuweisen, dass der Phosphor nur dann in Gegenwart von Eisen verschlackt werden kann, wenn eine möglichst b a s i s c h e (d. h. kieselsäurefreie) S c h l a c k e vorhanden ist. Hierdurch wurde klar, dass beim gewöhnlichen Bessemerverfahren der Phosphor nicht etwa wegen zu hoher Temperatur, sondern ganz allein wegen der sich mit Hilfe der kieselsäurereichen Ausfütterung des Converters bildenden sauren Schlacke im Roheisen zurückblieb. Man schritt zur Verwendung

basischer Ausfütterung des Converters und zur Benützung basischer Zuschläge beim Bessemerverfahren. Die Methode Bessemer's machte also genau dieselben Wandlungen durch, wie das von Henry Cort erfundene Puddelverfahren, indem man auch bei dem letzteren erst dann unreine Roheisensorten verarbeiten konnte, als man an Stelle des ursprünglichen Sandbodens dem Puddelofen einen stark basischen Schlackenherd gab.

Der Franzose Gruner, dessen Traité de métallurgie sich vor vielen anderen Lehrbüchern der Eisenhüttenkunde durch grosse Gesichtspunkte auszeichnet, hat es in seinem Werke schon klar ausgesprochen, dass der Phosphor mit Bestimmtheit aus dem Roheisen sich werde entfernen lassen, sobald es gelänge, genügend feuerfeste basische Steine zur Ausfütterung des Bessemerconverters oder des Herdes im Flammofen herzustellen, er hat sogar auf die Verwendungsfähigkeit des Dolomits, welcher jetzt eine bedeutende Rolle bei diesem Verfahren spielt, hingewiesen. Dem Engländer Thomas gelang es, brauchbare basische Ziegel herzustellen. Während man bei dem gewöhnlichen Bessemerverfahren die Ausfütterung aus einer sehr sauren, kieselsäurereichen Masse herstellte, welcher nur, um sie plastisch zu machen, etwas Thon zugesetzt wurde, schlug Thomas den umgekehrten Weg ein und wandte rein basisches Material mit einem geeigneten Frittmittel an. Besonders geeignet ist ein dolomitisches Material, welches, durch eine geringe Theer- oder Thonbeimischung plastisch gemacht, unter hohem Drucke in Formen gepresst und in sehr starker Hitze gebrannt wird.

Fragen wir, warum der Phosphor aus dem Roheisen nur im basischen und nicht im sauren Converter zu beseitigen ist.

In der Schlacke des sauren Converters wird die Phosphorsäure $P_2 O_5$ sofort durch die viel stärkere Kieselsäure $Si O_2$ freigemacht und sodann durch den verbrennenden Kohlenstoff des Roheisens und das verbrennende Eisen selbst zu Phosphor reduciert, welcher wieder an das Eisen geht. Im basischen Converter aber wird die gebildete Phosphorsäure durch Kalk gebunden und so vor Reduction bewahrt, denn dieses Kalkphosphat ist nur bei höchster Temperatur und gleichzeitiger starker Verbrennung von Kohlenstoff und Eisen in etwas reducierbar. Die Entphosphorung würde also am vollständigsten erreicht werden, wenn man absolut siliciumfreies Roheisen anwenden könnte und vollständig kieselsäurefreie basische Steine und Zuschläge zur Verfügung hätte.

Man machte den Versuch, anstatt eines siliciumreichen, grauen Roheisens ein siliciumärmeres, bei niedriger Temperatur im Hoch-

ofen erblasenes, weisses Roheisen zu verwenden. Der Versuch hatte (in Hörde) die epochemachende Entdeckung zur Folge, dass man mit Vortheil anstatt des Siliciums den sonst so gefürchteten Phosphor als Brennmaterial für den Bessemerprocess verwenden könne, und dass also der Werth eines Roheisens für den Bessemerprocess unter sonst gleichen Umständen nicht mehr wie früher im umgekehrten, sondern im directen Verhältniss zu seinem Gehalte an Phosphor steht. Da der Wärmeeffect bei der Verbrennung des Phosphors sich zu demjenigen des Siliciums verhält wie 5 zu 7, so ist leicht zu berechnen, wie viel Phosphor ein Roheisen enthalten muss, um eine ebenso „heissgehende" Charge zu liefern wie ein siliciumreiches Roheisen. Das war der grossartige Erfolg, den das Eisenhüttenwesen diesen auf deutschem Boden ausgeführten Versuchen verdankt.

Der Verlauf des basischen Processes zeigt äusserlich keine wesentlichen Unterschiede gegen das gewöhnliche Verfahren. Mit dem Silicium verbrennt beim basischen Process gleichzeitig ein Theil des Kohlenstoffes, aber erst nach Verbrennung des Siliciums oxydiert der Kohlenstoff sehr rasch, so dass nach 12 bis 15 Minuten Blasezeit das Metallbad entkohlt ist. Der Phosphor aber verbrennt in energischer Weise erst nach der Entkohlung während des $1^1/_2$ bis 4 Minuten dauernden „Nachblasens" und infolgedessen steigt die Temperatur des Metallbades während dieser Periode so hoch, dass man trotz des Mangels an Silicium im Roheisen einen zum steigenden Giessen genügend heissen Stahl erhält und auch die strengflüssige, hochbasische Schlacke gut flüssig bleibt. Um den Grad der Abscheidung des Phosphors festzustellen, werden während des Nachblasens verschiedene Proben genommen, nach deren Bruchansehen (bei einigermassen beträchtlichem Phosphorgehalt ist der Bruch grobkörnig oder, wie man sagt, kaltbrüchig) man die Charge beurtheilt. Durch die Probenahmen wird der Gang der Charge nicht unbeträchtlich verlängert, so dass vom Einlassen der Charge in den Converter bis zum vollendeten Giessen des Stahles etwa 50 Minuten vergehen. Da man siliciumarmes Roheisen verwendet und der Phosphor erst nach der Entkohlung verbrennt, so müssen die basischen Chargen im Beginn des Processes „kälter gehen" als die nach gewöhnlicher Methode mit siliciumreichem Eisen geblasenen Chargen. Das Mangan verbrennt sehr langsam, seine Menge nimmt vom Anfang bis gegen das Ende des Blasens fast stetig ab. Der Schwefel zeigt dagegen das eigenthümliche Verhalten, dass sein Procentgehalt bis zum Nachblasen sogar steigt und erst am Ende des Nachblasens nur theilweise verschlackt wird. Der ge-

ringe Eisengehalt der Schlacke, welche bis 14% Phosphorsäure $P_2 O_5$ enthält, beweist, dass die Phosphorsäure in der Schlacke jedenfalls nur zum Theil an Eisen gebunden ist, was für den Abbrand beim Thomasverfahren wichtig erscheint. Es ist nun in Hörde an der Hand der Praxis dargethan worden, dass ordinäres weisses Puddelroheisen mit 0·5 bis 0·9% Silicium und 1·5 bis 2% Phosphor sich sehr für den Thomasprocess eignet. Der Kalkzuschlag beträgt in Hörde etwa 20% vom Roheiseneinsatz.

Man kann annehmen, dass der Abbrand beim Thomasieren 5 bis 6% höher ist als beim Bessemern, dass ferner ein Mehrverbrauch von 3 bis 4% Spiegeleisen eintritt, und dass in 12 Stunden nur 9 bis 10 Chargen gemacht werden können. Ausserdem werden die Kosten des neuen Verfahrens noch vergrössert durch die höheren Kosten der basischen Materialien, der häufigeren Reparaturen der Böden, des Kalkzuschlages, der Arbeitslöhne u. s. w.

Die Stahlblöcke (Ingots), welche nach dem gewöhnlichen oder dem von Thomas abgeänderten Bessemerverfahren hergestellt worden sind, werden nach erneutem Anwärmen entweder direct zu den verschiedensten Dimensionen und Profilen ausgewalzt oder vielfach vor dem Verwalzen geschmiedet. Im allgemeinen geht die Meinung dahin, dass z. B. für Schienen das Vorschmieden der Blöcke besser ist als das Vorwalzen, da das Material unter dem Hammer gleichmässiger durchgearbeitet wird als zwischen den einseitig wirkenden Walzen. Hauptsächlich wird das Bessemerproduct zur Herstellung von Eisenbahnmaterialien verwendet, besonders für Eisenbahnschienen. Für diese Zwecke ist das Schweisseisen nahezu gänzlich verdrängt. Grosse Mengen von Bessemer- und Thomaseisen werden auch zu Trägern und Blechen verwalzt.

Zum Vergleiche der Productionsverhältnisse der drei Frischmethoden können nachstehende Zahlen dienen:

100 Mtr. Ct. Roheisen werden in schmiedbares Eisen verwandelt im:

Frischherd in 20 Tagen, dabei ein Brennmaterialverbrauch von 60 Mtr. Ct. Holzkohle.

Puddelofen in $2^1/_2$ Tagen (60 Stunden), dabei ein Brennmaterialverbrauch von 100 Mtr. Ct. Steinkohle.

Converter in 30 Minuten, dabei ein Brennmaterialverbrauch von etwa 90 Mtr. Ct. Steinkohle.

Aus 100 Mtr. Ct. Roheisen werden 74 Mtr. Ct. gefrischtes, 75 Mtr. Ct. gepuddeltes, 80 Mtr. Ct. gebessemertes Eisen erhalten.

Die Darstellung des Flusseisens in Flammöfen.

Beim Bessemerprocess wird, wie wir gesehen haben, die Verbrennungswärme des im Roheisen enthaltenen Siliciums, respective Phosphors zur Erzeugung der hohen Temperatur benützt, bei welcher das Flusseisen noch flüssig bleibt. Der Bessemerprocess ist also an das Vorhandensein dieser wärmeerzeugenden Körper im Roheisen gebunden. Will man dagegen auf andere Weise ein schmiedbares Eisen im flüssigen Zustande herstellen, so bedarf es der Zuführung sehr grosser Wärmemengen von aussen. Derartige Schmelzprocesse sind in den gewöhnlichen Flammöfen, z. B. in dem früher behandelten Schweissofen, nicht durchführbar, da diese Oefen in Bezug auf die Ausnützung der Wärme sehr wenig leisten. Nach der Theorie sind z. B. nur etwa 450 Wärmeeinheiten erforderlich, um 1 *kg* Eisen auf die Schweisshitze von etwa 1500° C. zu bringen, was man mit etwa 0·075 *kg* Kohle erreichen könnte. In der Praxis dagegen gebraucht man zu diesem Effect ungefähr achtmal so viel Brennmaterial. Ja, beim Schmelzen von Stahl in Tiegeln mit Hilfe von Coaks ist der wirkliche Consum von Brennmaterial mehr als zwanzigmal so gross als das theoretisch erforderliche Quantum. Das Schmelzen von Flusseisen im Flammofen konnte also erst dann zu einem rationellen metallurgischen Process werden, als der Flammofen nach Form und Betriebsart zu besserer Ausnützung der Wärme abgeändert war. Die um die gesammte Pyrotechnik hochverdienten Brüder Siemens traten zuerst mit dem sogenannten Regenerativsystem für Flammöfen hervor, mit dessen Hilfe Flusseisen mit Leichtigkeit geschmolzen werden kann. Der Grundgedanke beruht auf der Vorhitzung der zur Verbrennung kommenden Gase durch entsprechende Ausnützung (Regeneration) jener Wärme, welche in den aus dem Ofen abtretenden Verbrennungsgasen enthalten ist. Dieses System fusst zunächst auf der Anwendung gasförmigen Brennmaterials, welches in kastenförmigen Apparaten, den sogenannten Generatoren, durch unvollkommene Verbrennung fester Brennmaterialien erzeugt wird. Man muss gasförmiges Brennmaterial wählen, mit Rücksicht auf die nur so mögliche Vorerhitzung in den Regeneratoren; sonst würde festes Brennmaterial beim Verbrennen in dem Heizraume des Ofens mehr Hitze liefern, als aus dem Gase erzeugt werden kann. Der Siemens'sche Generator besteht entweder aus einer etwa 2·5 *m* hohen, 2 *m* weiten, rechteckigen, überwölbten Kammer, deren vordere um 50 bis 60° geneigte Wand in einen ebenso geneigten Rost endigt, welcher seinerseits wieder mit einem am Boden der

Kammer angebrachten Planrost verbunden ist, oder weist die in Fig. 81 skizzierte Einrichtung auf. Das Gewölbe des Generators enthält Oeffnungen mit Fülltrichtern zum Einbringen des Brennmaterials und eine Abzugsöffnung für das gebildete Gas. Zunächst entsteht durch Verbrennung, z. B. von Steinkohlen, auf dem Roste Kohlensäure CO_2, welche beim Durchstreichen der über dem Roste lagernden dicken Schicht glühender Kohlen zu Kohlenoxyd CO reduciert wird. Die erzeugte Wärme treibt die Kohlenwasserstoffe aus den oberen Brennmaterialschichten (trockene Destillation). Je wärmer der Generator bei richtiger Behandlung betrieben wird, um so reicher ist das erzeugte Gas an Kohlen-

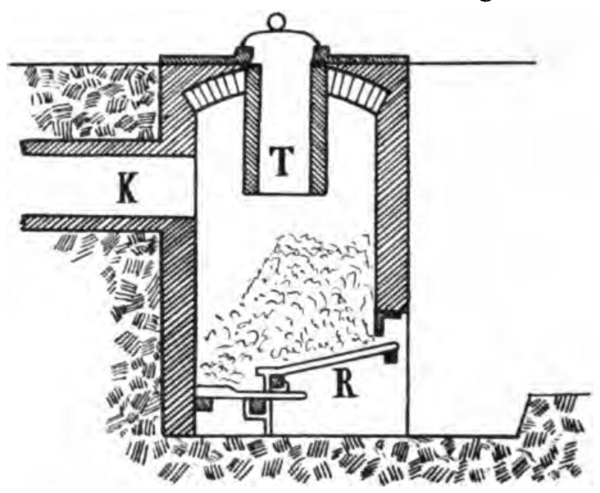


Fig. 81. Generator. *R* Rost, *T* Füllrohr oder Fülltrichter, *K* Gascanal.

oxyd CO, auf dessen Verbrennung hauptsächlich der Schmelzprocess beruht. Das allmählich im Generator nach unten sinkende Brennmaterial wird also in demselben Raume zunächst entgast und dann vergast, während eine neuere Construction des Generators (Gröbe, Lürmann) aus ökonomischen Rücksichten Entgasung und Vergasung des Brennmaterials vollständig trennt. Das Gasgemisch, bestehend aus Kohlenoxyd, Kohlensäure, Kohlenwasserstoffen, Wasserstoff, Wasserdämpfen und einer grossen Menge aus der atmosphärischen Luft herrührendem Stickstoff, steigt nun durch eine Ziegelesse, in welche gewöhnlich zwei bis vier Generatoren einmünden, empor und gelangt in ein mit feuerfestem Material ausgekleidetes, rechtwinklig gebogenes, eisernes Kühlrohr.

Aus dem Kühlrohr tritt das Gasgemisch in den zum Ofen führenden horizontalen Gascanal. Der Ofen selbst besteht aus dem

eigentlichen Schmelzraum und den unter der Herdsohle gelegenen Regeneratoren. Die untenstehende Fig. 82 zeigt eine schematische Darstellung des Siemensofens. *G* ist der Generator, *L* der Luftschacht. Das im Generator erzeugte Gas $(CO + N)$ und andererseits die Luft strömen durch die Canäle $K_1\,K_1'$ in den Ofen. Bei der angedeuteten Klappenstellung tritt das Gas bei *a*, die Luft bei *b* in den Ofen *O*, wo sie sich mengen und verbrennen. Die Verbrennungsgase ziehen durch $K_2\,K_2'\,K_3\,K_3'$ und K_4 zum Schornsteine. *S* Die Canäle $K_3 K_4$ liegen unterhalb des Ofens *O*. Die mit Ziegelfachwerk ausgesetzten Regeneratoren *R* nehmen die Wärme der abziehenden Verbrennungsgase grossentheils auf und geben dieselbe bei Um-

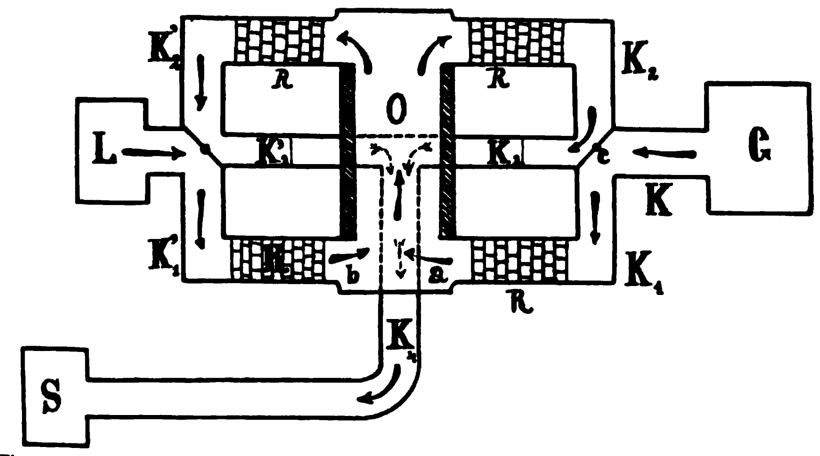


Fig. 82. Schematische Skizze des Regenerativofens von Siemens. Die Regeneratoren *R* sind hier neben dem Schmelzraume oder Ofen *O* angeordnet.

stellung der Klappen an die Generatorgase und die Luft ab, indem dann diese jenen Weg durch *R* nach *O* gehen, welchen früher in umgekehrter Richtung die Verbrennungsgase nahmen. Hierdurch gelangen Gas und Luft hoch erhitzt in den Ofen und die Verbrennungstemperatur wird dadurch entsprechend gesteigert.

Unsere Ofenskizze entspricht der ursprünglichen Anordnung, wie selbe in den ersten Sechzigerjahren ausgeführt wurde; jetzt ist die Anordnung mehr vertical entwickelt, die Regeneratoren sind verticale, unter dem Ofen disponierte Schächte oder Kammern und die Zuführung von Gas und Luft findet durch Schlitze, welche über- oder hintereinander angeordnet sind, aus den Regeneratoren in den Ofen statt. In die Regeneratoren sind feuerfeste Ziegel derart eingesetzt, dass dieselben ein System von zahlreichen kleinen Hohlräumen bilden, durch welche Gas oder Luft durchstreichen kann.

(Fig. 83). Diese Ziegel erlangen allmählich die Temperatur des durchstreichenden heissen Gases und geben bei dem Umstellen der Klappen ihre Hitze an das Generatorgas oder an die kalte Luft ab. Der Ofen enthält vier solcher Regeneratoren, zwei Luftkammern und zwei Gaskammern, welche paarweise gruppiert sind. Aus jedem Regenerator führen Schlitze in den eigentlichen Schmelzraum, wo Gas und Luft in richtiger Vertheilung und guter Mischung zusammentreffen. Die Kammern jedes Regeneratorpaares communicieren nach oben, also mit dem Schmelzraum des Ofens, nach unten aber stehen beide entweder mit dem Schornstein oder die eine mit dem Gaserzeuger, die andere mit der atmosphärischen Luft in Verbindung. Mittelst eines leicht zu handhabenden Umstellungsapparates kann man jeden Augenblick die Communication jedes Regeneratorpaares mit dem Kamin herstellen

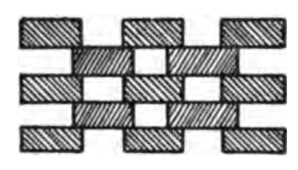


Fig. 83. Ziegelfachwerk des Regenerators.

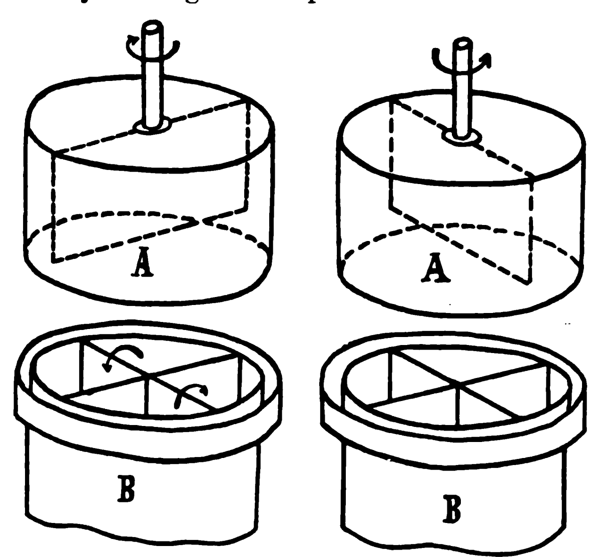


Fig. 84 zeigt die statt der Klappen angewendeten Ventile. Die ringförmige Rinne im Theile *B* ist mit Sand gefüllt und die Glocke *A* dadurch abgedichtet.

oder unterbrechen und statt dessen die Kammern mit dem Gaserzeuger und der Atmosphäre verbinden. Es ist also klar, dass bei Anwendung dieses Systems die Wärme der bei den gewöhnlichen Flammöfen mit sehr hoher Temperatur unbenützt abziehenden Feuergase sehr gut ausgenützt wird, da die Gase mit nur wenig über 100° Wärme in den Kamin kommen. Man erzielt auf diese

Weise, besonders wenn für gehörige Mischung von Luft und Gas beim Eintritt in den Ofen gesorgt wird, eine sehr hohe Temperatur im Schmelzraume des Ofens bei gleichzeitig sehr niedrigem Verbrauch an Brennmaterial. Man braucht nur dafür zu sorgen, dass die Umschaltung der Ventile in regelmässigen Intervallen erfolgt. Je öfter umgeschaltet wird, um so gleichmässiger muss die Temperatur des Schmelzraumes sein. Die Praxis lehrt bald, welche Intervalle für die vollständige Verbrennung und Ausnützung des gasförmigen Brennmaterials am günstigsten sind. Ein Hauptvortheil ist auch leichte Regulierung der Temperatur für bestimmte Zwecke. In derartigen Oefen kann mit Leichtigkeit selbst das weichste Flusseisen geschmolzen werden. Die grosse Ersparniss an Brennmaterial ergibt sich aus der Thatsache, dass man im Siemens'schen Ofen 1 *t* Eisen mit etwa 350 *kg* Kohle auf Schweisshitze bringen und 1 *t* Stahl mit höchstens 600 *kg* Kohle schmelzen kann. Es kommt eben bei diesem System nahezu die gesammte, bei der Verbrennung der Kohlen erzeugte Hitze zur Verwendung.



Fig. 85.

Zur Construction des Regenerativofens sei noch bemerkt, dass man anfänglich die Decke des Schmelzraumes nach Fig. 85 *a* gegen den Herd so einzog, dass die Flammen gegen das einzuschmelzende Material gedrückt wurden. Spätere Erfahrungen ergaben jedoch, dass der Effect ein günstigerer wird, wenn das Gewölbe die Form Fig. 85 *b* erhält. In diesem Falle wirkt die Wärmestrahlung wesentlich mit, die Flamme bleibt heisser, die Verbrennung ist vollkommener. Friedrich Siemens nannte dies „freie Flammenentfaltung".*)

Erst der Siemens'sche Regenerativgasofen, welcher Ende der Fünfzigerjahre fast gleichzeitig mit dem Bessemerconverter erfunden wurde, machte es möglich, in einem Flammofen, ohne Anwendung von Tiegeln, Stahl zu schmelzen. Die erste Idee, Stahl durch Lösung von schmiedbarem Eisen in einem Roheisenbade herzustellen, stammt schon aus dem siebzehnten Jahrhundert, die Ausführung

*) Ueber das Friedr. Siemens'sche neue Heizverfahren mit freier Flammenentfaltung von Gustav Westmann. Berlin 1886.

im Grossen (in Wien durch Uchatius versucht) scheiterte aber stets an der Unmöglichkeit, genügend hohe Temperaturen zu erzielen.

Der Schmelzprocess selbst wird gewöhnlich nach den Erfindern der Siemens-Martinprocess genannt. Derselbe ist nur zum Theile als Frischprocess anzusehen, da der niedrige Kohlenstoffgehalt des Productes nicht sowohl durch Oxydation, als vielmehr wesentlich durch Vertheilung des hohen Kohlenstoffgehaltes des Roheisens auf eine grosse kohlenstoffärmere Schmelzmasse erzielt wird. Eine besondere Bedeutung hat dieser Process als Ergänzungsarbeit zum Bessemerverfahren gewonnen, da man hier mit Bequemlichkeit grosse Mengen von Alteisen und Stahlabfällen im Flammofen zu brauchbarem Material von beliebigem Härtegrade verarbeiten kann. Seit einigen Jahren dient der Siemens-Martinprocess wesentlich zur Erzeugung ganz weicher, fast kohlenstofffreier Qualitäten von Flusseisen, welche auf Schiffbleche, Draht, Winkeleisen u. s. w. verarbeitet werden und eine ganz ausserordentliche Zähigkeit und Dehnbarkeit besitzen müssen. Diese Qualitäten können bislang im Bessemerconverter nicht mit derselben Sicherheit hergestellt werden, und so ist der Siemens-Martinprocess, obgleich er im allgemeinen theurer ist als das Bessemerverfahren, in ziemlich bedeutendem Umfange in Anwendung.

Gewöhnlich haben die Oefen einen Fassungsraum von 5 bis 10 *t* Flusseisen. Anlage und Betrieb einer Siemens-Martinschmelzhütte ist durch Folgendes gekennzeichnet. Meistens finden wir die Gaserzeuger ausserhalb der eigentlichen Schmelzhütte angeordnet, von wo die Gase durch die eiserne Kühlröhre und den Gascanal zu dem Schmelzraume oder Ofen geführt werden. Die Regeneratoren sind, wie wir schon gesehen haben, unterhalb der Ofensohle, welche übrigens gut gekühlt sein muss, angebracht. Der muldenförmige Herd des oblongen Schmelzraumes wird aus bestem feuerfesten Quarz hergestellt und in mehreren dünnen Lagen möglichst hart gebrannt, ehe man zum Einsetzen der Charge schreiten kann. Der Ofen muss zum Zwecke des Herdmachens starke Stahlschmelzhitze, also ungefähr 2000° C. haben. Es ist für den Betrieb des Ofens, wie bei fast allen metallurgischen Processen, von der grössten Wichtigkeit, dass der Herd stets in arbeitstüchtigem Zustande erhalten wird, und hierauf muss sich zunächst die Aufmerksamkeit des Stahlschmelzers richten. An der den drei Arbeitsthüren entgegengesetzten Seite des Ofens befindet sich die Abstichöffnung, welche ebenfalls in vorsichtigster Weise mit Quarzsand zugestampft wird. Die Wände des Arbeitsraumes

sind aus bestem Chamottematerial hergestellt. Bei der Ofenconstruction ist vor allem darauf zu sehen, dass Gas und Luft gut gemischt werden, damit man die vollständige Verbrennung des Gases erreicht und die höchste Temperatur direct oberhalb des Metallbades entsteht. Die Luft tritt meist oberhalb des Gases ein. Ist der Ofen auf starke Stahlschmelzhitze gebracht und der Herd ordnungsmässig vorgerichtet, so beginnt man mit dem Einbringen der Charge. Dieselbe besteht bei dem gewöhnlichen Schmelzverfahren auf ganz weiches Material von etwa 0·1% Kohlenstoffgehalt aus etwa 10 bis 15% Bessemerroheisen (phosphorfrei), 60 bis 70% Abfällen von Bessemermetall und 15 bis 20% Eisenblechabfällen. Der Einsatz dieser Materialien erfolgt gleichzeitig, nur das weiche Eisenblech wird zumeist erst dann nachgesetzt, wenn das Metallbad gehörig flüssig und warm ist. Fortlaufend überzeugt man sich aus dem Bruche und nach der Schmiedbarkeit der Schöpfproben von dem Stande der Charge. Das Probenehmen im Laufe des Processes ist natürlich beim Flammofen viel leichter und bequemer als beim Bessemerconverter, und darum ist beim Martinprocess ein Product von genau bestimmter Härte mit grösserer Sicherheit zu erzielen. Die Desoxydation des Metallbades am Schlusse einer Charge erfolgt durch Zusatz von Spiegeleisen oder von Ferromangan. Will man ganz weiche Qualitäten erzielen, so arbeitet man gegen das Ende der Charge mit einem Zusatze von reinen Eisenoxyden, etwa 5% des Chargengewichtes, um den Kohlenstoff des Metallbades auf ein Minimum zu verringern. Natürlich wird dann zuletzt nur Ferromangan zugesetzt, um den Gehalt des fertigen Productes an Kohlenstoff möglichst niedrig zu halten.

Das so erzeugte Flusseisen ist ein Material von ausserordentlicher Weichheit und Zähigkeit, seine absolute Festigkeit beträgt etwa 40 bis 45 *kg* pro Quadratmillimeter bei einer Verlängerung der Probe von mindestens 30%. Man kann von diesem Material in 24 Stunden zwei bis drei Chargen machen. Die Dauer der Betriebsperioden richtet sich sehr nach der Construction des Ofens und ist besonders abhängig von der Qualität des feuerfesten Materials. Ein Ofen hält je nach diesen Verhältnissen 50 bis 150 Chargen aus, ehe er neu aufgebaut werden muss. Der Abbrand schwankt je nach der Art des gewählten Rohmaterials zwischen 3 bis 8%. Je weichere Qualität man herstellt, je länger also die Charge dauert, um so grösser wird natürlich der Abbrand. Bei Zusatz von Erzen wird übrigens ein beträchtlicher Theil des Eisenoxyds vom Kohlenstoff zu metallischem Eisen reduciert. Der Kohlenverbrauch beträgt 40 bis 70% des Ausbringens. Der Abstich des fertigen

Flusseisens erfolgt entweder in eine Giesspfanne, welche mit einem Laufkrahn über die Gussformen gefahren wird, oder in Gussformen, welche auf Wagen oder auf einer Drehscheibe beweglich sind und unter dem Ofenabstich vorbeigefahren werden. Die Anwendung einer Giesspfanne ist jedenfalls das Beste und Einfachste.

Wie wir sehen, ist der beschriebene Siemens-Martinofen im Vergleiche zum Bessemerconverter weniger ein Apparat für die Massendarstellung von Flusseisen, da ein mittlerer Ofen kaum $^1/_{15}$ der Production eines Converterpaares liefert. Aber dieser Process hat den Vortheil, dass man viel nutzbringender als beim Bessemerverfahren Eisen- und Stahlabfälle verwerthen kann, grosse Sicherheit in der Darstellung ganz bestimmter Qualitäten hat, und bei entsprechendem Erzzusatz ein besser schweissbares Product erzielt als beim Bessemern. Die Praxis lehrt, dass man im Siemens-Martinofen bei Zusatz von Erzen ein Material gewinnt, welches in Bezug auf Weichheit und Schweissbarkeit dem Schweisseisen nahe kommt.

Wir wollen noch kurz vergleichsweise die Eigenschaften des Schweisseisens und Flusseisens behandeln. Der wesentlichste Unterschied zwischen Flusseisen und Schweisseisen besteht, wie wir wissen, darin, dass das Flusseisen infolge seiner Darstellung im flüssigen Zustande frei von Schlacke ist, und dieser Umstand ist einer der Hauptgründe für die Verschiedenheit der physikalischen Eigenschaften beider Eisensorten. Jedenfalls leuchtet auch dem Laien sofort ein, dass das schlackenfreie Flusseisen, wenn es mit Sorgfalt aus geeigneten Rohmaterialien hergestellt wird, für die meisten Zwecke brauchbarer sein muss als das schlackenhaltige Schweisseisen. Wenn trotzdem erst in neuerer Zeit das Flusseisen ausser seiner Verwendung für Eisenbahnmaterial auch für die unendlich mannigfaltigen Zwecke der Industrie und Landwirthschaft benützt wird, so liegt der Grund hierfür zum Theile in der Fabrication des Flusseisens und zum Theile in der meist unrichtigen Behandlung des Materials bei der Verarbeitung zu Handelswaaren. Beim Bessemermetall z. B. sind besonders in früheren Jahren, als der Bessemerprocess noch wenig entwickelt war, vielfach Klagen laut geworden über Ungleichmässigkeit des Materials, so dass der gewöhnliche Schmied nicht dazu zu bewegen war, für seine Zwecke Flusseisen zu verwenden. Die Stahlwerke sind aber genöthigt gewesen, andere Absatzgebiete für ihre Producte zu erschliessen, und es hat sich gezeigt, dass man sehr wohl im Stande ist, Flussstahl von ganz bestimmten Eigenschaften im Converter herzustellen, welcher dem Schweissstahl in den meisten Beziehungen

überlegen ist. Erste Bedingung hierfür ist natürlich, dass man die Verhältnisse beim Bessemerbetriebe möglichst constant erhält und vor allem constante Roheisenqualitäten verwendet. Deshalb ist wohl von denjenigen Werken am ehesten ein Fortschritt in der Herstellung ganz bestimmter Specialitäten zu erwarten, bei welchen der Hochofen und das Bessemerwerk unter derselben Leitung stehen und das Hauptgewicht auf einen gleichmässigen Hochofengang gelegt wird. Das Flusseisen zeigt im allgemeinen infolge seines Freiseins von Schlacke die Eigenschaft, dass es gegen kalte Bearbeitung in weit höherem Grade empfindlich ist als Schweisseisen, und dass es nicht so starke Erhitzung verträgt als letzteres. Ferner ist es noch nicht gelungen, das Flusseisen regelmässig ebenso leicht schweissbar herzustellen wie das Schweisseisen. Aber es ist nicht zu zweifeln, dass diese Schwierigkeiten werden überwunden werden und das Flusseisen auch für die Zwecke des täglichen Lebens das Schweisseisen mehr und mehr verdrängen wird. Es ist ja z. B. bekannt, dass das schwedische Bessemermetall sehr wohl den Vergleich mit dem allerbesten Tiegelgussstahl aushält, und dass diejenigen schwedischen Bessemerwerke, welche mit Werkstätten für die schliessliche Verarbeitung des Flusseisens verbunden sind und deren Material geschickten Arbeitern anvertraut wird, fertige Fabricate von ganz ausgezeichneter Qualität liefern. Auch bei uns sind mit der weiteren Specialisierung der Bessemerproduction bereits grosse Erfolge erzielt worden.

Glühstahl und schmiedbarer Eisenguss.

Die Entkohlung des Roheisens und seine Umwandlung in schmiedbares Eisen gelingt auch auf anderem Wege. Bei der sogenannten Glühstahlbereitung glüht man gegossene Stäbe reinen Roheisens in oxydierenden Pulvern, insbesondere in geröstetem Eisenerz. Der Glühstahl ist jetzt verdrängt, doch ist die Methode der Erzeugung von schmiedbarem Eisenguss oder getempertem oder adouciertem Eisenguss im wesentlichen dieselbe (s. Giesserei).

Cementieren und Einsatzhärtung.

Führt man weichem Eisen durch Glühen in Kohle Kohlenstoff zu, so erhält man Stahl. Dieses Verfahren wird bei dem sogenannten Cementieren oder der Cementstahlbereitung angewendet. Man glüht Stäbe guten Feinkorneisens durch mehrere Tage in kohlender Substanz und erhält hierdurch den Cementrohstahl oder Blasen-

stahl, welch letztere Benennung von dem blasigen Ansehen dieses Rohstahles abzuleiten ist.

Die Blasenbildung erklärt sich dadurch, dass ein Theil des eindringenden Kohlenstoffes die im Feinkorneisen enthaltenen Schlackeneinschüsse reduciert, wodurch Kohlenoxydgas entsteht, welches die umhüllenden, im glühenden Zustande verhältnissmässig weichen Stahltheilchen blasenförmig auftreibt.

Das Feinkorneisen wird gewöhnlich in Form von flachen Stäben in das Cementierpulver (Kohle von hartem Holze zu Hanfkorngrösse verkleinert) eingesetzt. In manchen Fällen werden thierische Kohle und Alkalien dem Cementierpulver zugesetzt. Das Cementierpulver wird in einem Kasten aus feuerfestem Material mit den Stäben so eingesetzt, dass die zu cementierenden Stäbe allseits von diesem Pulver umgeben sind. Zunächst kommt eine Schicht von Cementierpulver, dann eine Reihe von Stäben, hochkantig, etwa um die $1\frac{1}{2}$fache Dicke von einander entfernt, zwischen den Stäben und darüber kommt wieder Cementierpulver u. s. w. Endlich füllt man oben den Kasten mit einer Schicht von Asche, welche verhindern soll, dass das Cementierpulver mit den Flammen, welche die Kästen umspielen und in helle Glut versetzen, in unmittelbare Berührung kommt. In dieser Temperatur bleiben sie je nach der Dicke der Stäbe durch 5 oder 6 Tage; der Process ist daher ziemlich theuer. Pro 100 *kg* Stäbe findet ein Verbrauch von 27 *kg* Cementierpulver statt. Dasselbe bleibt allerdings als Kohle zurück, kann aber neuerdings nicht ohne Zusatz frischen Pulvers verwendet werden. Die Kohlenstoffaufnahme durch die Stäbe beträgt $\frac{1}{2}$ bis 1%.

Man war der Ansicht, dass sich durch das lange Glühen Cyan bilde und dieses als eigentliches Cementiermittel wirke. Diese Anschauung hat man geglaubt dadurch noch wesentlich stützen zu können, weil ein oberflächliches Cementieren schon möglich wird wenn man glühendes Schmiedeeisen mit Blutlaugensalz bestreut. Es scheint jedoch der Kohlungsprocess durch eine molekulare Wanderung der Kohlenstoffmoleküle zu erfolgen und ist für die Cementation die unmittelbare Berührung des Eisens mit der kohlenden Substanz erforderlich. (S. Näheres in den Verhandlungen des Vereines für Gewerbefleiss in Preussen 1879, S. 31.)

Wenn man in einen Tiegel (Fig. 86) unten grobkörnigen Sand gibt, ein Stück Schmiedeeisen auf eine gewisse Tiefe in den Sand steckt, hierauf den Tiegel mit Cementierpulver füllt, ihn verschliesst und durch längere Zeit glüht, so ist der in dem Sande eingebettete Theil des Eisens nicht cementiert, sondern nur der

Theil, der in unmittelbarer Berührung mit der Holzkohle gestanden. Wäre die Cementation die Folge der Wirkung von Cyangas, so ist nicht einzusehen, warum dieses nicht in die Zwischenräume des Sandes hätte eindringen und auch dort cementierend wirken können.

Das Kohlen findet von aussen nach innen statt. Nimmt man einen Stab aus dem Cementierungsofen, bevor die Kohlung bis ins Innere vorgeschritten ist, und bricht ihn, so sieht man, dass im Innern noch Schmiedeeisen vorhanden ist und aussen eine Stahlschicht, deren Dicke von der Dauer der Cementation abhängt. Man kann daher den Process so führen, dass die Stahlbildung nur bis auf eine gewisse Tiefe erfolgt. Man nennt dies Einsetzen und Einsatzhärtung. Man setzt auch häufig kleine Stückchen ein, um sie zu härten, manchmal auch nur theilweise zu härten. Es gibt einen gewissen „Stahlschmuck", welcher aus Argentan- oder Messingblech mit eingenieteten Stahlstiftchen besteht, welche polierte, vieleckige Köpfchen aufweisen. Das Einsetzen dieser Stifte geschieht so, dass man in eine Blechbüchse (Fig. 87) feinen Sand gibt, in den man die Stahlstifte so einsteckt, dass die Köpfe hervorragen; auf diese kommt eine Schicht Cementierpulver, hierauf wieder eine Schicht Sand, in welche man abermals wie früher Stifte steckt, auf deren Köpfe wieder Cementierpulver gestreut wird u. s. w., bis die Büchse gefüllt ist, welche oben durch Deckel und Lehm geschlossen wird. Das Ganze wird durch etwa 2 bis 3 Stunden geglüht, die Köpfchen sind dann cementiert. Schlägt man den Deckel ab und wirft den ganzen glühenden Inhalt in Wasser, so härten sich die cementierten Köpfchen, während die Stifte weich bleiben, was sein muss, weil sie als kleine Nieten dienen. Das Einsetzen wird mit ausgezeichnetem Erfolge zu oberflächlichem Verstählen mancher Maschinenbestandtheile, der Bleche für Panzercassen, etc. angewendet.

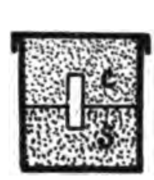


Fig. 86.

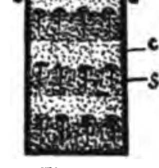


Fig. 87.

Der rohe Cementstahl ist ein sehr reines und doch sehr kohlenstoffreiches Fabricat, weil er aus sehr reinem Schmiedeeisen durch ein Verfahren bereitet wird, bei welchem die Kohlenstoffzuführung derart erfolgt, dass keine nachtheiligen Bestandtheile aufgenommen werden. Aus Cementrohstahl macht man nun raffinierten Stahl entweder durch die Manipulation des Gerbens (Paquettieren, Schweissen, Aushämmern), oder viel häufiger durch Umschmelzen, Gussstahlbereitung. Der geschmolzene Cementstahl

wird in eine prismatische Form gegossen, und sodann nach dem Erstarren durch Hammer- oder Walzarbeit gestreckt. Hierdurch erhält man einen harten und zugleich zähen Stahl. Für die Massenfabrication ist das Cementierungsverfahren viel zu theuer und in neuerer Zeit zumeist aufgegeben. Der Cementgussstahl wird für Stichel, chirurgische Instrumente und feine Schneidwaaren u. dgl. verwendet.

Für die Massenfabrication des Stahles dient der Bessemer-Thomas- und Siemens-Martinprocess.

Uebersicht der Methoden der Eisenerzeugung.

<table>
<tr><td>I.
Erzeugung von Eisen direct aus den Erzen.</td><td>A. Roheisenerzeugung. Reducierendes Schmelzen der Eisenerze bei sehr hoher Temperatur in grossen Schachtöfen (Hochöfen).
Product: Roheisen { Gusseisen (graues Roheisen), Puddelroheisen (weisses).
B. Rennarbeit. Reducierendes Schmelzen der Eisenerze bei niedrigerer Temperatur in kleinen Oefen oder in Herden.
Product: Schmiedeeisen oder Stahl.</td></tr>
<tr><td>II.
Erzeugung schmiedbaren Eisens aus Roheisen.</td><td>A. Frischarbeit. Die Oxydation des im Roheisen enthaltenen Kohlenstoffes (und gewisser Verunreinigungen) erfolgt durch den Sauerstoff der Luft theils direct, theils indirect.
Mit Zuhilfenahme von Brennmaterial { a) in Herden: Herdfrischen, Frischen; b) in Flammöfen: Flammofenfrischen, Puddeln.
Product: Schweisseisen oder Schweissstahl.
(Diesen Operationen geht zuweilen das Feinen des Roheisens voraus.)
c) Durch Einpressen von Luft in geschmolzenes Roheisen: Bessemern und Thomasieren.
Product: Flusseisen und Flussstahl.
B. Durch Glühen von Roheisen in oxydierenden Pulvern.
a) Adoucieren, Tempern oder Herstellung von schmiedbarem Eisenguss;
b) Glühstahlbereitung.
C. Durch Zusammenschmelzen von Roheisen mit Eisenerz oder Eisenoxyden (Breant- und Uchatiusstahl).</td></tr>
</table>

III. Erzeugung von Stahl aus Schmiedeeisen.	*A.* Kohlung des Schmiedeeisens durch Glühen mit Kohle in verschlossenen Gefässen. *a)* Cementstahlbereitung. *b)* Einsetzen (Cementieren eines fertigen Gegenstandes aus Schmiedeeisen an der Oberfläche). *B.* Kohlung des Schmiedeeisens durch Zusammenschmelzen mit gutem Roheisen. Martinstahlbereitung (in Siemens-Regenerativöfen). (Hierher gehört auch der Spiegeleisenzusatz am Ende des Bessemerprocesses.)

Ueber weitere technisch wichtige Eigenschaften der verschiedenen Eisengattungen und ihre unterscheidenden Eigenschaften.

Alle Roheisensorten sind zu den spröden Materialien zu rechnen und lassen sich bei 1100 bis 1500° C. schmelzen.

Das graue Roheisen lässt sich mit schneidenden Werkzeugen gut bearbeiten (Drehen, Feilen, Hobeln, Fräsen), und eignet sich sowohl seiner Dünnflüssigkeit als verhältnissmässig leichten Schmelzbarkeit wegen vorzüglich für den Guss.

Der Bruch des Gusseisens ist stets körnig, mehr oder minder fein und von grauer Farbe.

Glühend in kaltes Wasser getaucht, nimmt Gusseisen nicht merklich an Härte zu und man bezeichnet es deshalb als nicht härtbar; obwohl es in concentrierte Kochsalzlösung oder in verdünnte Schwefelsäure (in 100 Theilen 10 Schwefelsäure und 1 Salpetersäure) glühend eingetaucht, wesentlich härter wird.

Mit dem Worte Quellen bezeichnet man zwei Eigenschaften des Gusseisens; einerseits die bleibende Volumsvermehrung durch Glühen und langsame Abkühlung, andererseits jene Volumsvermehrung, welche im Momente des Erstarrens geschmolzenen Gusseisens eintritt (s. unter Giesserei).

Schweisseisen und Schweissstahl, Flusseisen und Flussstahl sind in naturhartem Zustande als bildsame (hämmerbare) Materialien zu betrachten. Sie lassen sich nur bei Temperaturen schmelzen, wie sie im Siemensofen erzielbar sind (1800 bis 2000°).

Auf die Qualität des Schweiss- und Flusseisens sind verschiedene Verunreinigungen von Einfluss, welche neben dem Kohlenstoff im Eisen vorkommen. Hierher gehören Phosphor, Schwefel, Silicium und auch rohe, nicht vollkommen gefrischte Theile.

Wenn in dem Schmiede- oder Schweisseisen Phosphor als Verunreinigung enthalten ist, so ist das Bruchaussehen grobkörnig und hell glänzend (Grobkorn). Es genügt schon 0·15% Phosphor, um ganz deutlich Kaltbruch wahrnehmen zu lassen. Wenn aber der Phosphorgehalt 0·5% beträgt, dann ist das Eisen schlecht.

Schweisseisen von heller Farbe und starkem Glanze des Bruches, so auch von dunkler Farbe und mattem Glanze ist schlecht. Das Schweisseisen soll eine helle Farbe und einen matten, seidenartigen Glanz oder eine dunkle Farbe und einen hellen Glanz haben.

Der Phosphor macht Stabeisen und Stahl kaltbrüchig. Wenn man einen solchen Stab biegt, so gelangt er bald zum Bruche, während phosphorfreies, sehr zähes Eisen mit einem Ende in einen Schraubstock oder in eine entsprechende Spalte eingeklemmt, mehr-

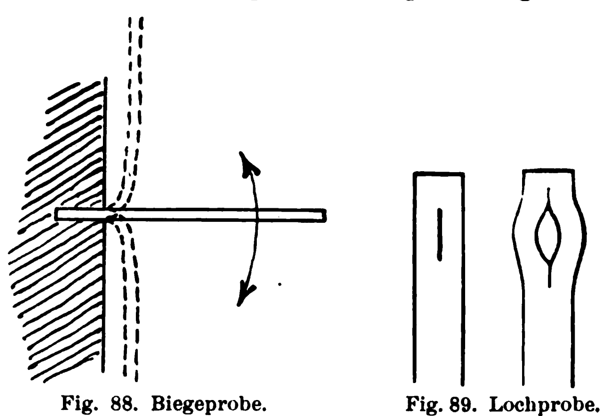


Fig. 88. Biegeprobe. Fig. 89. Lochprobe.

maliges Hin- und Zurückbiegen, s. Fig. 88, verträgt. Dickere Stäbe brechen hierbei früher als dünnere. Vorzüglich zähes Flacheisen von 15 *mm* Dicke verträgt 10 und selbst mehr Biegungen hin und her um 180°. Mit der Biegeprobe verwandt ist die Falteprobe, welche insbesondere auf Blech angewendet wird. Man biegt das Blech einmal ⊐ und klopft den Bug nieder, hierauf biegt man nochmals so, dass die neue Biegekante die frühere rechtwinklig kreuzt.

Ein zweiter Körper, der oft als Verunreinigung auftritt, ist der Schwefel. Eisen mit nur 0·12% Schwefel ist schon rothbrüchig, d. h. brüchig in der Glühhitze. Schwefelhaltiges Schweisseisen zeigt häufig schön sehnigen Bruch, aber der Glanz ist matt. Wenn man solches Eisen glühend macht und mit dem Hammer bearbeitet, so bricht es leicht. Aus solchem Material lässt sich kein Nagel schmieden. Wird mit dem Setzmeissel ein glühender Stab geschlitzt und ein Dorn in den Schlitz getrieben, so werden an

den Schlitzenden Risse entstehen. Diese Probe heisst Lochprobe (Fig. 89).

Macht man mit rothbrüchigem Eisen die Tangelprobe — dieselbe besteht darin, dass man einen Stab von rechteckigem Querschnitte an einem Ende in die Breite schmiedet, wobei der Querschnitt keilförmig ist — so bekommt der Stab an der Schneide Risse. Bei gutem Material und richtiger Arbeit bekommt man eine ganz reine Kante (Fig. 90).

Die Aufhauprobe besteht darin, dass man einen Stab vom Ende gegen einwärts einhaut und die Lappen umbiegt. Ist das Material rothbrüchig, so wird entweder ein Einreissen von diesem Ende nach einwärts eintreten, oder die Lappen werden an ihren Biegungsstellen Einrisse zeigen (Fig. 91).

Eine andere schädliche Verunreinigung ist das Silicium. Dasselbe soll im Schmiede- oder Schweisseisen nicht mehr vorkommen Es bewirkt den sogenannten Faulbruch, d. i. die Brüchigkeit sowohl bei gewöhnlicher Temperatur, als in der Glühhitze.

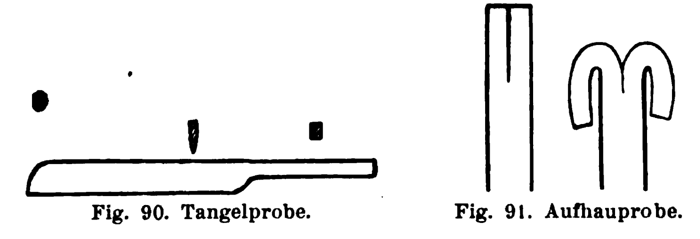


Fig. 90. Tangelprobe. Fig. 91. Aufhauprobe.

Die Rohbrüchigkeit äussert sich ähnlich dem Faulbruche, charakterisiert sich aber im Bruche dadurch, dass derselbe stellenweise sehnig, stellenweise roh ist, d. h. Theilchen mangelhafter Verarbeitung (ungefrischte Theile) aufweist.

Vom Härten des Stahles.

Der Stahl, dieses wichtigste Material für Werkzeuge und viele technische Zwecke, besitzt die unschätzbare Eigenschaft, seine Härte und Zähigkeit innerhalb gewisser, weiter Grenzen verändern zu lassen. Der Vorgang, an sich einfach und leicht durchführbar, wird Härten und Anlassen (Nachlassen) genannt. Es gibt kein anderes Material, welches durch einen einfachen Process in seinem Härtezustande und in seinen Festigkeitseigenschaften so vortheilhaft verändert werden kann, wie Stahl. Diese merkwürdige Eigenschaft gibt dem Stahle insbesonders die Fähigkeit, für Werkzeuge in ausgezeichneter Weise verwendbar zu sein, weil bei den Werkzeugen sehr häufig ein bestimmter Grad von Härte und Zähig-

keit nothwendig ist, welcher durch die Operation des Härtens und Nachlassens erzielt werden kann.

Stahl ist kein einheitlicher Begriff. Es richtet sich die Eigenschaft des im gewöhnlichen Zustande, also in sogenannter Naturhärte befindlichen Stahles ganz wesentlich nach seinem Kohlenstoffgehalte und auch nach anderen theils absichtlichen, theils zufälligen Beimengungen. Im allgemeinen ist derjenige Stahl, welcher kohlenstoffreicher ist, leichter schmelzbar und hat eine grössere, natürliche Härte. Wenn wir z. B. einen Stahl betrachten, welcher für feine Schneidwaaren Verwendung findet, so wird derselbe von Haus aus ein Stahl sein müssen, welcher eine verhältnissmässig grosse Härte und ein feines, dichtes, sehr gleichmässiges Korn hat. Es muss also für feine Schneidwaaren eine bestimmte Gattung Stahl genommen werden, eine andere als für ordinäre Drehwerkzeuge, für Sensen wieder eine andere etc.

Wenn man Stahl glühend macht und im glühenden Zustande in kaltes Wasser taucht, also rasch abkühlt, so nimmt er an Härte zu; man nennt dieses Verfahren Härten; und die Härte, welche er dabei erlangt, Glashärte. Aber nicht jeder Stahl erlangt bei diesem Processe eine Härte, die der Härte des Glases gleich ist. Es ist also unter der Benennung Glashärte eigentlich nur der Zustand bezeichnet, in welchem der Stahl den höchsten Grad der für ihn erreichbaren Härte besitzt.

Mit dem Worte glühend ist keine bestimmte Temperatur bezeichnet. Stahl glüht bei 700°, bei 1000°, bei 1200°.

Für jede Stahlgattung ist eine bestimmte Erhitzung nothwendig, um durch rasche Abkühlung das Maximum der für diesen Stahl erreichbaren Härte zu erlangen. Jeder Stahl bedarf also eines bestimmten Grades von Glühhitze, um richtig zur Glashärte gehärtet werden zu können. Diesbezüglich gilt als Regel, dass derjenige Stahl, welcher kohlenstoffreicher ist, zu einer dunkleren Rothglühhitze, also zu geringerer Temperatur erhitzt werden muss, während der Stahl, welcher geringen Kohlenstoffgehalt hat, zu einer helleren Rothglühhitze erhitzt werden muss, um das Maximum der für ihn erreichbaren Härte erlangen zu können. Da man die Temperatur nicht misst, sondern einfach den Stahl in einem Schmiedefeuer oder dergleichen zur Glühhitze bringt, so kann man nur aus dem Grade des Glühens die Temperatur schätzen, d. h. man kann nur in der Art vorgehen, dass man probeweise ermittelt, bei welcher Glühhitze durch nachfolgende rasche Abkühlung der grösste Härtegrad erreichbar ist. Dann hat man Stahl der gleichen Sorte immer in derselben Weise zu behandeln, um den richtigen Effect zu erlangen.

Steckt man nach Reiser*) das Ende einer Stahlstange in ein Schmiedefeuer und erhitzt man es bis zur Weissglühhitze, so werden die dem Ende nahe liegenden Theile der Stange die verschiedenen Stufen der Glühhitze aufweisen. Hat man die Stange vorher etwa von 2 zu 2 *cm* mit Kerben versehen, so können nach dem Härten leicht an der Kerbestelle Querbrüche bewirkt werden. Man wird gewahren, dass der Bruch in der Nähe des weissglühend gemachten Endes grobkörnig ist und helle glänzende Flächen aufweist. Es ist das das charakteristische Merkmal des sogenannten verbrannten Stahles. Weiter nach rückwärts wird man finden, dass die Bruchfläche noch immer mit einzelnen hellglänzenden Pünktchen versetzt ist, aber der Bruch ist schon feinkörnig. Hier ist der Stahl auch noch über die richtige Temperatur erhitzt, aber nicht geradezu verbrannt. Dann wird man eine Stelle finden, wo der Stahl sehr feinkörnig ist und eine matte, richtige Farbe zeigt, wie das für den gehärteten Stahl charakteristisch ist. Noch weiter einwärts gelegene Bruchflächen werden ein etwas gröberes Korn aufweisen, und der ganze Eindruck, den diese Bruchflächen machen, liegt zwischen demjenigen des richtig gehärteten Stückes und jenem der Bruchfläche des naturharten Stahles; denn dieser ist immer etwas grobkörniger als der gehärtete. Man wird nun ein nächstes Stück glühend machen, härten, und brechen. Zeigt der Bruch das richtige Korn, so hat man die richtige Glühhitze getroffen. Dies ist ein ausgezeichneter Vorgang, um sich zu orientieren, aber es gehört doch Achtsamkeit und Uebung dazu, um die richtige Glühhitze für das Glashartmachen des Stahles stets einzuhalten. Da dies wichtig ist, so ist es dort, wo viel Stahl zu Werkzeugen verarbeitet wird, üblich, einen speciellen Werkzeugschmied anzustellen, der nicht allein die Werkzeuge schmieden, sondern namentlich den richtigen Härtevorgang für den betreffenden Stahl im Griff haben muss. Man hat weicheren Stahl anders zu behandeln als harten; bei letzterem muss man die Glühhitze niedriger halten als bei ersterem.

Es ist beim Härten leicht möglich, Fehler zu begehen. Daher kommt verbrannter Stahl nicht selten vor. Solchen verbrannten Stahl kann man wieder regenerieren (s. unten).

Das Anlassen (Nachlassen) folgt meist auf das Glashartmachen; es ist dies eine Operation, durch welche man dem Stahl von der Glashärte etwas nimmt. Man reduciert die Härte des Stahles, und diese Reduction geschieht dadurch, dass man den glashart

---

*) Hier sei auf die treffliche Schrift des Directors der Kapfenberger Stahlhütte Friedolin Reiser: Das Härten des Stahles, Leipzig, Arth. Felix, 2. Aufl. 1896 hingewiesen. S. auch Karmarsch-Heeren, Techn. Wörterb., Bd. 8, S. 435.

gemachten Stahl erwärmt, aber nicht bis zur Glühhitze, sondern bis zu einer viel niedrigeren Temperatur, und dann rasch wieder abkühlt.

Wenn man blanken Stahl (auch blankes Schweisseisen und Roheisen) erhitzt, so entsteht an der Oberfläche des Eisens eine ganz dünne Oxydschicht. Diese zeigt mit dem Wachsen ihrer Dicke der Reihe nach die Farben dünner Plättchen; diese Farben sind: lichtgelb, orange, roth, violett, blau, dann wird die Oxydschicht (nach sehr kurze Zeit dauernder, grüner Anlauffarbe) so dick, dass sie grau erscheint. Diese Farben stehen mit der Erwärmung darum in einem gewissen Zusammenhang, weil die Oxydation um so rascher vor sich geht, je stärker die Erwärmung ist. Wenn man ein blankes Stahlstück bis etwa 180° R. (225° C.) erwärmt, so wird es strohgelb, bis 300° erwärmt, blau. Indem die Anlauffarben mit der Temperatur in Beziehung stehen, so sind sie ein sehr praktisches Mittel, annähernd aus ihnen einen Schluss auf die Erwärmung, beziehungsweise Härteverminderung zu ziehen. Eine Härteverminderung tritt aber nur ein, wenn der Stahl vorher glashart gemacht war.

Beim Härten macht man den Stahl glühend, taucht ihn ins Wasser und rührt, um ihn rasch zu kühlen. Der so glashart gemachte Stahl wird nachgelassen, indem man ihn blank schleift und bis zum Auftreten der gewünschten Anlauffarbe erwärmt und rasch im Wasser abkühlt.

Bei Meisseln, Bohrern und ähnlichen Werkzeugen braucht man nur die Schneide von bestimmter Härte; man macht das Werkzeug an dem der Schneide nahen Ende glühend, kühlt in Wasser ab, schleift an der Schneide blank und erhitzt hinter derselben, bis durch Wärmeleitung an dem blankgeschliffenen Theile die Anlauffarben aufzutreten beginnen. Nähert sich der Schneide jene Farbe, zu welcher das Werkzeug nachgelassen werden soll, so wird rasch abgekühlt.

Mit der Härte des Stahles steht seine Elasticität und Zähigkeit in einer gewissen Beziehung. Je härter der Stahl, desto spröder ist er im allgemeinen. Einen glashart gemachten Stahl kann man nicht biegen. Lässt man ihn bis zur blauen Farbe nach, so kann man ihn bedeutend elastisch, oft auch bleibend, durchbiegen; er hat einen hohen Grad von Elasticität, geringere Sprödigkeit und eignet sich für gewisse Zwecke ausgezeichnet. Der gelbharte Stahl hat wenig von der Sprödigkeit und der Härte verloren; mehr der rothharte Stahl. Ganz entsprechend der Reihenfolge der Anlauffarben — lichtgelb, gelb, orange, roth, violett, blau — sinkt die Härte und Sprödigkeit. Bei Schneidinstrumenten wird, je härter das

Material ist, welches man damit bearbeitet, desto härter auch das Werkzeug sein müssen. Man macht die Werkzeuge, die auf Stahl arbeiten, gelbhart, die auf Messing rothhart, und die auf Holz blauhart.

Eine Verbindung von Glashartmachen und Nachlassen kann auch bei einer einzigen Erhitzung stattfinden. Es wäre z. B. ein Meissel zu härten: Man macht das Werkzeug (meist im Schmiedefeuer) vorn glühend; dadurch wird das ganze Werkzeug heiss. Nun fährt man damit, mit der Schneide voraus, auf geringe Tiefe ins Härtewasser, kühlt es daher nur theilweise ab, so dass hinten der Schaft des Werkzeuges, welcher in der Zange gehalten wird, noch heiss bleibt. Nach der Abkühlung des vorderen Theiles schleift man das Werkzeug an der Schneide möglichst rasch blank und beobachtet sofort, wie die Anlauffarben infolge des Vorwärtsschreitens der Hitze aus dem nicht gekühlten Theile an der Schneide entstehen, und kühlt beim Eintritt der gewünschten Farbe den Meissel vollständig ab.

Beim Härten gibt es verschiedene Vorgänge. Jeder Stahl, der rasch abgekühlt wird, verhält sich nur dann gut, wenn die Erhitzung und das Abkühlen gleichmässig waren. War die Erhitzung oder das Abkühlen sehr ungleichmässig, so entstehen sehr häufig Risse (Härterisse); bei dünnen Stahlplättchen oder ungleicher Massenvertheilung findet auch oft eine unliebsame Formänderung, Verziehen, Werfen statt. Ungleiche Massenvertheilung ist häufig die Ursache von Härterissen, und es sind gewisse Vorsichten zu beobachten. Z. B. bei einem Messer, das im Rücken stark und in der Schneide dünn ausgeschmiedet ist, könnten leicht Härterisse entstehen, wenn man das Messer zuerst mit der dünnen Seite eintauchen würde. Es ist viel sicherer, wenn man zuerst mit dem Rücken ins Wasser fährt und die Schneide folgen lässt.

Damit das Glühen gleichmässig erfolgt, ist es gut, zur Erhitzung statt eines Schmiedefeuers einen Muffelofen anzuwenden, insbesondere bei Stücken ungleicher Massenvertheilung oder bedeutender Grösse. (S. Mittel zur Erhitzung.)

Es gibt eine Reihe von Kunstgriffen, die man anwenden kann, um Härterisse zu vermeiden.

Wenn beispielsweise ein Stahlcylinder (Walze) gehärtet werden soll, so wird derselbe an den Enden mit warm aufgezogenen schmiedeisernen Reifen armiert. Ein schwierig zu härtender Gegenstand ist eine Kreissäge oder eine grosse Fräse. Man hilft sich, indem man derlei Stahlscheiben zwischen passende schmiedeiserne Scheiben spannt, mit diesen glühend macht und im Wasser abkühlt. Dadurch beseitigt man die Gefahr des Werfens und Reissens.

Wenn viele kleinere Stücke zu härten sind, so macht man sie in einer Büchse glühend, wirft dann den Inhalt der Büchse ins Wasser, trocknet denselben, legt ihn auf eine Platte und erwärmt ihn in einem Ofen, bis eines oder mehrere Stücke, die vorher blank geschliffen wurden, die richtige Anlauffarbe zeigen, um sofort in Wasser abzukühlen.

Statt dem Glashartmachen das Nachlassen folgen zu lassen, kann man Stahl auch dadurch zur gewünschten Härte bringen, dass man den glühenden Stahl in einer Zinn-Bleilegierung von solchem Schmelzpunkte abkühlt, welcher der Temperatur der gewünschten Anlauffarbe entspricht. Der Vorgang des Härtens besteht hierbei in der Abkühlung des glühenden Stahles in einer hinreichenden Menge der geschmolzenen Zinn-Bleilegierung. Man kühlt den Stahl mithin nur bis zur Temperatur der Legierung ab. Infolgedessen bekommt der Stahl nicht Glashärte, sondern annäherungsweise jene Härte, welche dem Glashartmachen und nachfolgenden Anlassen bis zu jener Anlauffarbe entspricht, deren Temperatur nahezu gleich ist der Temperatur des Metallbades. Es ist dies ein vereinfachter, aber sehr theuerer Vorgang, weil diese Legierungen durch Abbrand (Asche) allmählich verbraucht werden, selbst wenn man durch Bestreuen mit Salmiak die Oxydation mindert. Auch muss die Menge der Legierung eine solche sein, dass die Abkühlung des Stahles ohne wesentliche Temperaturerhöhung des Bades erfolgen kann.

Solche Legierungen sind z. B.*)

für strohgelb . .	2	Theile Blei,	1	Theil Zinn, entsprechend	225° C.
„ dunkelgelb .	9	„ „	4	„ „ „	240° „
„ purpurroth .	3	„ „	1	„ „ „	250° „
„ violett . . .	9	„ „	2	„ „ „	263° „
„ blau		Blei allein			323° „

Für das Härten werden häufig statt Wasser, Fett, Oel, Thran und Fettmischungen gebraucht. Das Fett hat ein geringeres Wärmeleitungsvermögen, und daher treten beim Abkühlen im Fett Härterisse nicht so leicht auf wie beim Abkühlen im Wasser; dies geschieht auch dann, wenn man auf das Wasser nur eine Fettschicht gibt und das glühende Stück durch dieselbe ins Wasser taucht. Denn sobald das glühende Stück durch das Oel ins Wasser tritt, überzieht es sich mit einer dünnen Schicht von Kohlenstoff und heissem Oel und die Wärmeleitung im Wasser geht langsamer

*) S. Wiebe, Handbuch der Maschinenkunde. Stuttgart 1858. 1. Bd.: Maschinenbaumaterialien, S. 273.

vor sich, daher auch das Reissen seltener auftritt. Man wendet dieses Verfahren sehr oft bei empfindlicheren Stücken an.*)

Durch Härten im Wasser glashart gemachte Stücke können dadurch zur blauen Farbe nachgelassen werden, dass man sie in Oel taucht, über einem Feuer so lange erhitzt, bis das Oel zu brennen beginnt und hierauf in Wasser abkühlt. Diesen Vorgang nennt man Abbrennen.

In kochendem Wasser kann man nicht härten, weil es so nahe der Verdampfung ist, dass das glühende Stück sofort von einer Dampfschicht eingehüllt wird, welche die Wärmeleitung und daher auch das Härten verhindert. Durch Oberbergrath Jarolimek wurden Versuche gemacht, in Wasser von höherer Temperatur als 100° C. zu härten. Jarolimek liess aus einem Dampfkessel heisses Wasser auf ein glühendes Stahlstück ausspritzen; die Härtung war eine gute (Strahlhärtung). Das steht mit dem Gesagten nur in scheinbarem Widerspruche. Durch das Ausspritzen des Wassers, das eine Temperatur von 120° und mehr haben kann, ist die Bildung einer Dampfhülle nicht möglich, weil der Strahl, der gegen das Stück trifft, sich immer erneuert und eine rasche Abkühlung bis zu der Temperatur des Kesselwassers bewirkt.

Beim Härten der Feilen ist eine besondere Behandlung geboten. Nach dem Hauen (Versehen mit dem Hiebe) werden die Feilen vor dem Glühendmachen mit einer schützenden Kruste überzogen, welche verhindert, dass die Zähnchen des Hiebes bei dem Glühendmachen der Feile mit einer Oxydschicht überzogen und hierdurch abgestumpft werden. Die schützende Schicht ist eine Composition, die aus kohlenstoffhaltigen Substanzen besteht (z. B. mit dextrinhaltigem Wasser angerührtes feines Klauenpulver). Die Feilen werden glashart gehärtet, die Angel aber bleibt weich. Das Weichbleiben der Angel erreicht man dadurch, dass man dieselbe nicht glühend macht, oder ihr, wenn sie glashart gemacht wurde, durch Einklemmen in eine glühende Zange die Härte nimmt.

Der Härtevorgang hat etwas Ueberraschendes an sich, umsomehr, als mit dem Härtungsprocess auch Veränderungen im Volumen verbunden sind. Der glasharte Stahl hat ein grösseres Volumen als der ungehärtete. Worin besteht nun die Erscheinung des Härtens?

---

*) Werkmeister Berg in Nürnberg verwendet Legierungen zur genauen Bestimmung der Anlasstemperatur von in Oel gehärteten Gewindbohrern u. dgl. Dieselben werden in einem geheizten Sandbade so lange unter öfterem Wenden erwärmt, bis eine angeriebene Legierung Schmelzung zeigt, dann abgekühlt.

Graues Roheisen wird zu weissem, weit härterem Roheisen, wenn man es aus dem geschmolzenen Zustande rasch in den festen überführt, z. B. durch Eingiessen in Wasser. Diese Erscheinung erklärt sich dadurch, dass der Kohlenstoff im weissen Eisen gebunden, beziehungsweise in anderer Form enthalten ist als im grauen.

Das Verhalten des grauen Roheisens hat demnach Aehnlichkeit mit den Härteerscheinungen beim Stahle, nur ist die Erklärung minder einfach.

Es gibt gewisse Stahlsorten, welche, in kalter Salzsäure gelöst, keinen schwarzen Rückstand zurücklassen. Es gibt wieder andere Stahlsorten, welche einen schwarzen Rückstand zurücklassen, der sich jedoch in heisser Salzsäure löst; endlich kommen Fälle vor, wo Stahl einen auch in heisser Salzsäure nicht löslichen schwarzen Rückstand zurücklässt.

Indem nun diese und ähnliche Erscheinungen analytisch näher untersucht wurden, gelangte man zu der berechtigten Annahme, dass der Kohlenstoff nicht nur als Graphit und „chemisch gebunden" in den verschiedenen Eisensorten auftritt, sondern dass ein vierfaches Vorkommen zu unterscheiden ist, und zwar als:

1. Graphit } optisch nachweisbar.
2. Temperkohle }
3. Carbidkohle } gebundener Kohlenstoff } optisch nicht nachweisbar.
4. Härtungskohle }

Beim Lösen des Eisens in kalter Salzsäure geht die Härtungskohle als Kohlenwasserstoff weg, alle übrigen Formen bilden einen schwarzen Rückstand. Aus diesem löst sich Carbidkohlenstoff (wahrscheinlich eine chemische Verbindung von Eisen und Kohlenstoff) unter Gasentwickelung in heisser Salzsäure. Temperkohle und Graphit bleiben ungelöst. Temperkohle ist ein äusserst feines amorphes schwarzes Pulver, Graphit bildet krystallinische Blättchen von graphitischem Glanze.

Die Graphitabscheidung wird begünstigt durch sehr langsamen Uebergang aus dem geschmolzenen Zustande in den festen; die Abscheidung, beziehungsweise Bildung des Temperkohlenstoffes durch länger dauernde Weissglut, jene des Carbidkohlenstoffes durch längere Rothglut. Glühender Stahl, rasch gekühlt, enthält mehr Härtungskohle, derselbe Stahl, naturhart, mehr Carbidkohle.

Der Härtungsprocess des Stahles ist daher wohl ebenso eine Veränderung der chemischen Natur des Stahles, wie die Umwandlung des grauen Roheisens in weisses.

In den letzten Jahren hat auch die mikroskopische Untersuchung des Eisens sich mehr und mehr eingeführt. Die Beob-

achtung erfolgt durch ein Mikroskop, nach Art des auf S. 44, Fig. 67 angegebenen, und ist das Instrument vortheilhaft mit beweglichem Tische so einzurichten, dass grössere Stücke mit eben geschliffenem Querschnitte untersucht werden können. Ueber die im Zuge befindlichen Arbeiten und Untersuchungen über die Mikroskopie des Eisens kann Näheres in Wedding's Eisenhüttenkunde nachgelesen werden; so viel kann schon jetzt gesagt werden, dass die mikroskopischen Untersuchungen bereits in manchen Eisenwerks-Laboratorien den chemischen parallel laufen und ständig geworden sind.

Eine sehr wichtige Eigenschaft des Schweisseisens und des Schweissstahles, des Flusseisens und des Flussstahles, also sämmtlicher schmiedbarer Eisensorten, ist die Schweissbarkeit. Darunter versteht man jene Eigenschaft, welche ein Verbinden zweier Stücke bei entsprechender Glühhitze durch Zusammenpressen oder entsprechendes Hämmern möglich macht. Schweisseisen lässt sich leichter schweissen als Flusseisen.

Wenn man zwei Stücke schmiedbaren Eisens zur Schweisshitze erhitzt, in diesem Zustande aufeinander legt und durch entsprechende Hammerbehandlung die beiden sich berührenden Flächen gegeneinander presst, so wird eine innige Verbindung der beiden Stücke hervorgebracht.

Je kohlenstoffärmer das schmiedbare Eisen ist, desto leichter lässt es sich schweissen. Sehr kohlenstoffreicher, aber immer noch schmiedbarer Stahl ist entweder sehr schwer, oder gar nicht mehr schweissbar.

Es ist die Schweissbarkeit des Eisens ähnlich der Zusammenknetbarkeit des Wachses. Zwei Wachsstücke, erwärmt und gegeneinander gedrückt, verbinden sich; es ist so eine Schweissung des Wachses vor sich gegangen. Zwei kalte Wachsstücke gegeneinander gedrückt, verbinden sich nicht. Guttapercha zeigt ein ähnliches Verhalten. Auf 70° erwärmt, lassen sich Guttaperchastücke vereinigen. Die Erwärmung erfolgt hier in Wasser von 70° C., weil eine raschere Wärmeleitung vor sich geht und die Gefahr höherer Erhitzung einzelner Theile, welche eine Zersetzung dieser Substanz bedingen würde, beseitigt ist.

Vom Schweissen des Eisens wird häufig Anwendung gemacht (s. später bei Schmieden).

Erleichtert wird das Schweissen weichen Eisens, wenn man die sich bildenden Oxyde durch Aufwerfen von Quarzsand in Lösung bringt. Es bildet sich eine Schlacke, welche durch die Hammerwirkung ausgequetscht wird; dadurch kommen die beiden Stücke in innige Berührung und verbinden sich. Bei Stahl wird

zur Lösung des sich bildenden Eisenoxyduls insbesondere Borax verwendet, welcher die Bildung einer dünnflüssigen Schlacke schon bei der niedrigen Schweisstemperatur des Stahles ermöglicht und daher die Berührung der reinen Metallflächen erleichtert. Borax wird in Form von Boraxglas verwendet. Käuflicher Borax wird erhitzt und das Krystallwasser unter Aufblähen der Masse und beim hierauffolgenden Schmelzen verdampft. Man bekommt ein vollkommen durchsichtiges Glas; dieses Glas wird gepulvert und für sich allein oder mit verschiedenen Zusätzen als Schweisspulver verwendet. Wenn man zu einem Schweisspulver organische Substanzen zusetzt, so hat das meist den Zweck, Kohlenstoff zuzuführen, oder auch die Einwirkung der atmosphärischen Luft auf die zu schweissenden Stücke thunlichst zu hindern. Zu letzterem Zwecke wird auch Salmiak in Anwendung gebracht, ein Salz, das in der Hitze vollständig verdampft. Diese Verdampfung schützt die Oberfläche vor der Oxydation.

Die Schweisstemperatur des Stahles ist eine Rothglühhitze, die des weichen Eisens ist die Weissglühhitze, und man spricht von einer saftigen Schweisshitze, worunter man jene Weissglühhitze versteht, bei welcher weiches Eisen unter Entwickelung hellleuchtender Funken zu verbrennen beginnt.

Recepte von Schweiss-, Härtungs- und Stahlregenerierungsmitteln.

1. Schweisspulver für Stahl auf Eisen: 1 Theil Borax, 1 Theil Chlorammonium, 1 Theil weisses Pech.

Verwendung: Der rothglühende Stahl wird mit diesem Pulver bestreut und erkalten gelassen.

Das Stabeisen weissglühend gemacht, vom Zunder gereinigt und der vorstehend behandelte Stahl kalt aufgesetzt, an der Vereinigungsstelle noch Schweisspulver aufgetragen, die vereinigten Stücke schweisswarm gemacht, und hierauf mit leichten Hammerschlägen verschweisst.

Ueberhitzter (verbrannter) Stahl kann durch dieses Pulver verbessert werden, indem er rothwarm damit überstreut wird und nach neuerlichem Rothwarmmachen gehärtet wird.

2. Stahlschweisspulver: 25% Eisenoxyd, 15% Chlorammonium, 50% Kieselsäure, 10% kohlensaurer Kalk.

Der Stahl wird rothwarm im Pulver gewälzt, dies zwei- bis dreimal wiederholt und bei der letzten Hitze verschweisst.

3. Stahlhärtepulver (Regenerierungspulver): 40% Kalisalpeter, 58% Klauenpulver, 2% Kieselsäure.

Der glühende Stahl wird allseits bestreut, nochmals ins Feuer gebracht und hierauf gehärtet.

4. Einsatzpulver (zum Härten der Oberfläche weichen Eisens): 15% Chlornatrium, 25% Braunstein, 10% kohlensaures Natron, 50% Klauenpulver.

Das Eisen wird schwach rothwarm mit dem Pulver überstreut, wieder im Feuer erhitzt, heller roth, abermals überstreut und abkühlen gelassen, hieraus nochmals hellroth gemacht, überstreut und gehärtet.

5. Härtemasse (auch zum Regenerieren verbrannten Stahles):

50% Fischthran 40% Colophonium 10% Terpentinharz	in dieses zähflüssige Gemenge wird der glühende Stahl getaucht und darin bis zum Schwarzwerden belassen, hierauf nochmals glühend gemacht und in einem

Härtewasser gehärtet, welches aus abgekochtem Brunnenwasser und einem Zusatze von 2·5% einer Mischung von 40% Kalisalpeter und 60% Chlorammonium besteht.

Um verbrannten Stahl zu regenerieren, macht man ihn dunkel rothwarm und taucht ihn in obige Masse und wiederholt dies noch zweimal.

6. Stahlhärtepulver (auch Einsetzpulver): 5% Natronsalpeter, 15% Chlorammonium, 25% gelbes Blutlaugensalz, 55% Klauenpulver.

Der glühende Stahl wird mit diesem Pulver bestreut, und nachdem das Pulver braun geworden und abgestrichen ist, nochmals bestreut. Der Stahl wird hierauf nochmals rothwarm gemacht und in einem Härtewasser gehärtet, welchem 5% Schwefelsäure und 20% eines Pulvers zugesetzt sind, welches aus 40% Kalisalpeter und 60% Chlorammonium besteht.

Um weiches Eisen oberflächlich zu verstählen, wird dasselbe mehrmals glühend gemacht und mit obigem Härtepulver bestreut.

Als wichtigste Quelle und erste Fachzeitschrift ist zu nennen „Stahl und Eisen"; viel Einschlägiges findet sich ferner in den Zeitschriften für Berg- und Hüttenwesen, in der Zeitschrift „Iron", der Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure, in Dinglers polytechnischem Journal u. a. a. O.

Andere wichtige Rohmaterialien des Maschinenbaues.

Dem Eisen kommt kein anderes Material an technischer Wichtigkeit gleich, es darf daher auch die Behandlungsweise betreffs der im Folgenden zu besprechenden Rohmaterialien eine wesentlich kürzere sein und kann insbesondere von der Gewinnung abgesehen werden, obwohl die Art derselben naturgemäss wie beim Eisen von Einfluss auf die Qualität sein muss.

Das Kupfer.

Das Kupfer ist ein Metall, welches bei 1077° C. schmilzt und die Eigenschaft der Treibbarkeit in ausgezeichnetem Masse besitzt; d. h. es lässt sich vorzüglich mit dem Hammer strecken und aus der Plattenform in Hohlformen überführen.

Im Kupfer kommen als Verunreinigungen vor: Kohlenstoff, Kupferoxydul, Schwefel, Arsen, Antimon, Eisen u. a. m., und diese Verunreinigungen beeinflussen die Qualität wesentlich.

Reines Kupfer ist im frischen Bruch licht rosenroth; Kohlenstoff zieht die Farbe des Bruches ins Gelbliche, Kupferoydul ins Ziegelrothe. Ist sowohl Kohlenstoff als Kupferoxydul enthalten, dann gleicht das Bruchansehen jenem reinen Kupfers. Die einfachste Probe auf die Qualität des Kupfers ist die Schlagprobe, durch welche ein Stückchen Kupfer (in Form eines Würfels oder eines Cylinders) mittelst eines kräftigen Schlages auf $^3/_5$ bis $^1/_2$ der Höhe gebracht wird. Ist das Kupfer sehr zäh, so findet die Formveränderung ohne dem Auftreten von Rissen statt, während bei sprödem (unreinem) Kupfer sich stets Risse zeigen, ein Zeichen geringer Treibbarkeit. Trotz des nicht sehr hohen Schmelzpunktes lässt sich das Kupfer zu Gusszwecken nur schlecht verwenden, weil die Güsse blasig werden. Will man es giessen, so setzt man etwas Zinn oder Phosphorkupfer zu. Das specifische Gewicht des Kupfers schwankt zwischen 8·58 und 8·96. Das Kupfer wird behufs weiterer technischer Verarbeitung zumeist in die Form von Blech gebracht und als solches zu Dachdeckungen und zur Herstellung von Hohlgefässen mannigfachster Form (Braupfannen, Spiritusapparaten u. dgl.) verwendet. Das Kupfer oxydiert zwar leicht an der Oberfläche, aber die Oxydation dringt nicht in die Tiefe, so dass es oft wiederholte Erhitzung ebenso gut als dauernde Einwirkung der Atmosphärilien verträgt. Ist Eisen der Einwirkung von Luft und Feuchtigkeit ausgesetzt, so rostet es bald durch und durch; Kupfer hingegen überzieht sich nur oberflächlich mit einer Oxydul- oder Oxydschicht, erstere ist ziegelroth, letztere schwarz.

Die ausgezeichnete Wärmeleitungsfähigkeit (gleich der des Silbers) erhöht den Gebrauchswerth.

Das Zink.

Zink wird gleichfalls häufig in technische Verwendung gezogen. Sein specifisches Gewicht beträgt 6·9 bis 7·3. Es schmilzt bei 411° C. und verdampft bei 890° C. (Bei seiner Gewinnung reinigt man es durch Destillieren.) Da der Schmelzpunkt unter der Glühhitze liegt, so braucht der Schmelztiegel nicht zu glühen, ist dies der Fall, so ist das Zink hoch überhitzt und hierbei tritt Verdampfung des Zinkes ein. Der Zinkdampf oxydiert an der Luft und bildet weisse Flocken, die sogenannte philosophische Wolle (Zinkweiss). Auch andere Metalle, z. B. Silber, verdampfen, jedoch erst bei Temperaturen, welche technische Nutzanwendung ausschliessen. Das Zink ist bei gewöhnlicher Temperatur spröde, der Farbe nach grauweiss, in's bläuliche ziehend, und erscheint im Bruch stengelig und grobblätterig. Es lässt sich kalt weder hämmern

noch walzen, wird aber bei 150° bis 180° walzbar und hämmerbar; man erzeugt in bedeutenden Mengen Zinkblech und Zinkdraht. Zink lässt sich sehr leicht giessen, weil es bei niedriger Temperatur schmilzt und die Formen vorzüglich ausfüllt. Im Momente des Erstarrens hat das Zink die Eigenschaft des Quellens und liefert schöne Güsse. Der Zinkguss hat weit geringere Festigkeit als der Eisenguss, kann aber leichter dünnwandig hergestellt werden und eignet sich besonders zu ornamentalen Verzierungen an Gebäuden u. dgl. Als Blech wird das Zink seiner Billigkeit wegen oft zu Bedachungen verwendet, doch ist es weit weniger haltbar als Kupferblech. Das Zinkblech muss bei der Anwendung als Bedachungsmaterial mit verzinkten Nägeln befestigt werden.

Das Zinn.

Das Zinn *(Sn)* ist ein weisses, ins Gelbliche ziehendes Metall, das bei 239° C. schmilzt; sein specifisches Gewicht ist circa 7·3. Es lässt sich gut giessen und kalt walzen. Dünnes Zinnblech heisst Stanniol.

Im Mittelalter erzeugte man viele Geschirre (Teller etc.) aus Zinn, jetzt wird dieses Metall zu manchen chirurgischen Instrumenten, und insbesondere zum Verzinnen gebraucht.

Das Blei.

Das Blei *(Pb)* ist ein graues Metall (bleigrau) vom specifischen Gewichte 11·3, schmilzt bei 330° C., lässt sich leicht giessen und zu Blech walzen. Es wird von manchen Säuren nicht angegriffen und dient in chemischen Fabriken als Pfannenmaterial zum Abdampfen und Concentrieren gewisser Säuren. Das Blei ist oft durch Antimon verunreinigt, wodurch es spröde wird und nicht mehr gut gewalzt und zu Draht gezogen werden kann. Reines Blei lässt sich mit dem Hammer aus kugelförmiger oder cylindrischer Form zu einer Scheibe ausschlagen, ohne dass Risse auftreten.

Antimon.

Antimon *(Sb)* ist ein weisses Metall, mit einem Stiche ins Bräunliche, der Bruch ist krystallinisch, blätterig-strahlig, die Oberseite der erstarrten Metallklötze, in Form meist runder Kuchen (Kugelsegmente), weist tannenbaumähnliche, sich mannigfach kreuzende Krystallfiguren auf.

Das specifische Gewicht des Antimons beträgt 6·7, sein Schmelzpunkt liegt bei 425° C. Das sehr spröde Metall wird für sich allein nicht technisch verwerthet, hingegen sehr häufig zu Legierungen.

Wismuth.

Das Wismuth *(Bi)* ist ein röthlich weisses, sprödes Metall von blätterigem Bruche, sein specifisches Gewicht beträgt 9·8 und es schmilzt bei 270° C. Es wird insbesondere zur Darstellung sehr leicht schmelzbarer Legierungen verwendet.

Aluminium.

Das Aluminium *(Al)* hat in neuerer Zeit auch im Maschinenbau sehr an Bedeutung gewonnen, weil die Fortschritte in seiner Gewinnung und die hierdurch bedingte Ermässigung des Preises die Anwendung dieses specifisch leichten Metalles auch für massigere Stücke ökonomisch möglich machten. Die Farbe des Aluminiums ist weiss, mit einem Stich ins bläulich Graue; der Bruch ist körnig, das specifische Gewicht liegt bei 2·6, sein Schmelzpunkt bei 700° C.

Aluminium ist in gewöhnlicher Temperatur, insbesondere aber auf 300 bis 450° C. erwärmt, hämmerbar, walzbar und ziehbar. Es lässt sich gut giessen, doch zieht es sich beim Erstarren bedeutend zusammen (schwindet bedeutend).

Um die Erzeugung und Verarbeitung des Aluminiums hat sich die Aluminium-Industrie-Actien-Gesellschaft in Neuhausen bei Schaffhausen in der Schweiz grosse Verdienste erworben und in ausführlichen Anleitungen viel zur Entwickelung der Aluminiumverarbeitung beigetragen. Die Erzeugung des Aluminiums findet durch reducierendes Schmelzen mittelst kräftiger Ströme (3000 Ampère, 65 Volt) statt.

Mit dem Grabstichel und der Feile lässt sich Aluminium nur bearbeiten, wenn man es mit einer Lösung von Stearinsäure in Terpentinöl befeuchtet.

Nickel.

Das Nickel *(Ni)* ist ein weisses Metall mit einem Stiche ins Gelbliche oder Graue, von 8·3 bis 8·9 specifischem Gewichte; es schmilzt bei 1800° C., lässt sich giessen, walzen, ziehen und wird in nicht unbedeutenden Mengen zum Vernickeln von Eisen und Stahl und zu Legierungen, von welchen das **Argentan** und der **Nickelstahl** hervorzuheben sind, verwendet.

Silber, Platin, Gold.

Diese Metalle werden wegen ihrer Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkungen der Atmosphäre gewöhnlich als **edle Metalle** bezeichnet, obwohl das Silber sich auch ziemlich leicht mit einer dünnen schwarzen Schicht von Silberoxyd oder von Schwefelsilber

überzieht. Alle drei Metalle sind giessbar und treibbar, kommen aber hier, wo es sich zumeist um die Materialien des Maschinenbaues handelt, nicht weiter in Betracht und seien nur einige Zahlen beigefügt.

	Schmelzpunkt	Specifisches Gewicht
Silber	954° C.	10·6
Platin	2000° C.	21·4
Gold	1035° C.	19·5

Legierungen.

Legierungen sind durchaus nicht immer als blosse Metallgemische aufzufassen, sondern es sind dieselben zum Theile chemische Verbindungen. Man kann daher aus den Eigenschaften der Metalle keinen sicheren Schluss auf die Eigenschaften der Legierung ziehen. Wenn man dieselben Metalle in verschiedenen Mischungsverhältnissen zusammenschmilzt, so bilden die erzeugten Legierungen keine Reihe entsprechend den Mengen und Eigenschaften der Theile, häufig zeigen sowohl die Farbe als andere physikalische Eigenschaften sprungweise Aenderungen. Auch das specifische Gewicht einer Legierung lässt sich nicht aus dem der Bestandtheile rechnen. Die Festigkeitseigenschaften der Legierung sind wesentlich andere als die der Bestandtheile. Man findet in der Literatur auch oft ein und dieselbe Legierung für heterogene Zwecke, nicht selten auch mit verschiedenen Zahlen angegeben, so z. B.: 8 *Cu* 4 *Sn* oder 16 *Cu* 8 *Sn*, was die Uebersicht erschwert. Da die käuflichen Metalle nie ganz rein sind, so ist es auch schwer, bestimmte Legierungen herzustellen. Gleiche Mengenverhältnisse derselben Metalle in verschiedener Weise zusammengeschmolzen, können verschiedene Legierungen liefern, weil von der Art der Behandlung die Menge des Abbrandes (Verlustes) des einen oder anderen Metalles abhängt. Auch die Oxydation, welche insbesondere beim Ueberhitzen theilweise eintritt, ist von Einfluss auf das Ergebniss. Wird z. B. Bronze (eine Legierung aus Kupfer und Zinn) überhitzt, so oxydiert ein

*) Ueber die verschiedenen Metalle kann in Karmarsch-Heeren's technischem Wörterbuche, III. Auflage, nachgelesen werden, woselbst sich weitere Literaturangaben finden. Ueber Gold und Silber und die Verarbeitung dieser Metalle, siehe: „Die Kunst des Goldarbeiters, Silberarbeiters und Juweliers" von Rud. Freih. v. Kulmer. Weimar 1872. Ueber „das Kupfer und seine Legierungen" ist eine Specialschrift von Bischof, Berlin 1865 erschienen.

Theil des Kupfers und des Zinnes, und betragen die Oxyde auch weniger wie 1 %, so hat die Bronze doch wesentlich andere Eigenschaften, als wenn sie oxydfrei ist.

Nur bei wenigen Bezugsquellen bekommt man genaue Angaben über den Grad der Reinheit der Metalle. Käufliches Kupfer oder Blei oder Wismuth kann z. B. bei der einen Quelle nur 1 % Verunreinigungen enthalten, bei anderen 5 %; die Verunreinigungen können sehr verschiedene sein und sehr verschiedenen Einfluss ausüben und es ist begreiflich, dass die käuflichen Metalle in bestimmter Weise legiert, doch ganz abweichende Ergebnisse liefern können.

Dass die Eigenschaften der Legierungen nicht aus den Eigenschaften ihrer Gemengtheile erkannt werden können, ersieht man aus folgenden Beispielen:

Kupfer	Zink		
88—81 %	12—19 %	blassröthlich gelb, gut walzbar, Tomback,	
70—66 %	30—34 %	walzbar, gelb (messinggelb), Messing,	
65—60 %	35—40 %	gelb, gut bearbeitbar im glühendem Zustande, schmiedbares Messing,	
59 %	41 %	röthlich weiss	diese Legierungen werden mit zunehmendem Zinkgehalte spröder.
52 %	48 %	goldgelb	
47 %	53 %	blassgelb	
44 %	56 %	gelblich weiss	
36 %	64 %	bläulich weiss	
25—10 %	75—90 %	bleigrau, etwas dehnbar.	

Kupfer	Zinn		
98 %	2 %	rosa	hämmerbar, walzbar,
93 %	7 %	gelbroth	
90 %	10 %	röthlich gelb, schwerer walzbar, Kanonenbronze,	
88 %	12 %	gelb, Lagermetall,	
84 %	16 %	rothgelb, spröde, noch feilbar, für harte Lager,	
80 %	20 %	gelbroth, Glockenmetall,	
68 %	32 %	grau, spröde, nicht feilbar, Spiegelmetall,	
50 %	50 %	grauweiss	etwas spröde.
35 %	65 %	weisslich	

Unter Messing werden im allgemeinen vielerlei Legierungen von 76 bis 60 % Kupfer und 24 bis 40 % Zink verstanden. Zuweilen ist $^1/_5$ bis 3 % Blei und $^1/_6$ bis $1^1/_2$ % Zinn zugesetzt; ersteres um das Messing besser drehbar zu machen, letzteres um die Festigkeit zu erhöhen.

Hierher gehören auch das

Muntz-Metall, 60 *Cu*, 40 *Zn* oder 56 *Cu*, 41 *Zn*, 3 *Pb*.
Aich-Metall (Sterro-Metall), 60 *Cu*, 38·2 *Zn*, 1·8 *Fe*.
Yellow-Metall, angeblich auch 60 *Cu*, 40 *Zn*.
Chrysorin, 66·6 *Cu*, 33·4 *Zn*.

Mit der Benennung Tomback oder Rothguss werden kupferreichere Legierungen als die Messingsorten zusammengefasst; der Kupfergehalt wechselt von 78 bis 92%. Eine öfter angewendete Mischung besteht aus 78 *Cu*, 18 *Zn*, 2 *Pb* und 2 *Sn*.

Bronze*) nennt man die Legierungen aus 95 bis 80% Kupfer und 5 bis 20% Zinn und man spricht von 6%iger, 8-, 10-, 12%iger Bronze, wenn 6, 8, 10, 12% Zinn enthalten sind. 6- bis 12%ige Bronze ist hämmerbar und drehbar, die 18%ige ist nur noch schwer bearbeitbar. Bronze wird für sehr viele Zwecke des Maschinenbaues verwendet, ferner für Glocken, Kanonen, Statuen etc. Die reinen Kupfer-Zinn-Legierungen weisen einen grösseren Grad der Festigkeit auf als Bronze, welche mit Rücksicht auf die Billigkeit und bessere Giessbarkeit einen Zusatz von Zink oder Blei erhielten. Bei harten Bronzen z. B. (82 *Cu*, 18 *Sn*) wird die Bearbeitung auf der Drehbank u. dgl. dadurch wesentlich erleichtert, dass man das Stück glühend macht und es in Wasser rasch abkühlt. Bei der Herstellung der Bronze ist Oxydation von entschiedenem Nachtheil für die Qualität der Legierung. Je oxydhaltiger die Bronze ist, desto mehr wird die Festigkeit des Materials beeinträchtigt; man vermeidet daher beim Schmelzen allzugrosse Ueberhitzung und die Verwendung alter Bronze. Wenn man alte Bronze einschmelzen will, räth Künzel**) als Mittel für die Reduction die Zufügung von Phosphorbronze oder Phosphorkupfer. Das Metallbad wird hierdurch besser flüssig, das matte Aussehen der geschmolzenen oxydhaltigen Bronze verschwindet und man bekommt einen reinen Spiegel an der Oberfläche.

Phosphorbronze wurde vor einigen Jahren zur Herstellung von Lagerschalen häufig angewendet, doch ist man zumeist wieder davon abgegangen, wohl deshalb, weil an vielen Orten die Herstellungsweise nicht die richtige war. (Gute Phosphorbronze liefert G. Höper & Comp. in Iserlohn.) Man soll den Phosphor nicht

---

*) S. Näheres Karmarsch-Heeren, technisches Wörterbuch, III. Aufl., 2. Bd., S. 61—63. Ferner Karmarsch, Handbuch der mechanischen Technologie, 1. Bd.

**) Künzel, über Bronzelegierungen und ihre Verwendungen, Dresden 1875. (Diese Schrift ist sehr beachtenswerth, insbesondere für die Geschützgiesser.)

unmittelbar in die Legierung bringen, sondern durch Zusatz von Phosphorkupfer oder Phosphorzinn.*)

Es ist bemerkenswerth, dass Phosphorkupfer mit weniger als 2% P sehr schöne, dichte Güsse liefert.

Bronze hat die Eigenschaft zu saigern, d. h. zinnreiche Legierungen abzuscheiden. Lässt man 10%ige Bronze langsam erstarren, so zeigt der Bruch in einer gelblichen Masse weisse Pünktchen, welche von der Abscheidung einer zinnreicheren Legierung (mit circa 15% Sn) herrühren. Das Saigern kann durch rasche Abkühlung verhindert werden. Giesst man geschmolzene Bronze in Wasser, oder in eine eiserne Form genügender Wandstärke, dann erhält man eine gleichmässig erstarrte Masse ohne Ausscheidung zinnreicherer Theile.

Man pflegt im Flammofen geschmolzene Bronze mit Holzstangen zu rühren. Dieses Rühren wird Pohlen genannt und hat den Zweck, das Metallbad zu reducieren. Doch ist durch Analyse nachgewiesen, dass das Pohlen nur das Kupferoxydul, nicht das Zinnoxyd reduciert. Eine vollkommene Reduction erreicht man durch Zusätze von Phosphorbronze oder Phosphorkupfer.

Die Zusammensetzung der Bronze kann eine sehr verschiedene sein und wechselt innerhalb weiter Grenzen:

Cu von 67% bis 95%
Sn von 4% bis 18%
Zn von 0% bis 21%
Pb von 0% bis 18%

Die österreichischen Staatsbahnen verwenden als Lagerbronze 87 Cu, 13 Sn; als Rothmetall für Armaturen 88 Cu, 12 Sn, 0·05 Phosphorkupfer; als Metall für Locomotivachslager 82 Cu, 18 Sn, 0·05 Phosphorkupfer.

Aluminiumbronze nennt man Legierungen aus 5 bis 8 Al und 95 bis 92 Kupfer von schön goldgelber Farbe und grosser Festigkeit.

Stahlbronze, von General Uchatius so genannt, ist keine Mengung einer gewöhnlichen Bronze mit Eisen und Stahl, sondern

*) Um Phosphorzinn zu erzeugen, bereitet man sich aus einer Lösung von Chlorzinn durch Fällung mittelst Zink sogenannten Zinnschwamm. Dieser wird in einem Tiegel in der Weise mit Phosphor eingeschmolzen, dass man in den unteren Theil des Tiegels den Phosphor gibt (6 bis 7 P auf 94 Sn), darauf die poröse Masse im Feuer erhitzt. Das Zinn schmilzt, der Phosphor verdampft, und man sieht im Tiegel die bläulichen vom Phosphor herrühenden Flämmchen. Verschwinden dieselben, so ist der Process beendet. Das Phosphorzinn ist sehr zur Krystallisation geneigt.

8- bis 10%ige Bronze, welche sowohl durch das Gussverfahren, als auch nachher durch eine mechanische Bearbeitung gewisse dem Stahle nahestehende Festigkeitseigenschaften erlangt hat, die den Namen rechtfertigen.

Unter Patina versteht man den grünen Ueberzug, welchen viele Bronzestatuen im Laufe der Jahre aufweisen; derselbe ist kohlensaures Kupferoxydul, liegt insbesondere in den Vertiefungen der Figur und hebt den Eindruck einer Büste wesentlich.*)

Eine andere Legierung vorherrschend aus *Cu* und *Zn* ist das sogenannte Deltametall, das im Maschinenbau häufig zur Anwendung kommt. Es besteht nach Analysen aus:

54 —56 % *Cu*	ist dem schmiedbaren Messing ähnlich	Dieses Metall hat eine hohe Festigkeit, sehr gute Dehnbarkeit, ist also der weichen Bronze in seiner Güte nahe und viel billiger.
40 —42 % *Zn*		
0·7 — 1·8 % *Pb*		
0·8 — 1·3 % *Fe*	können als Ferromangan zusammengefasst werden	
0·9 — 1·4 % *Mn*		
0·01— 0·02% *P*		

Eine Legierung, die ebenfalls als Kupferlegierung aufzufassen ist, ist das Argentan (Packfong, Alphenid, Lunaid oder Alpaca). Das Argentan ist ein Gemenge von *Cu, Ni* und *Zn*, und zwar besteht es aus:

55—60 *Cu*
18—25 *Ni*
20—30 *Zn*

Je reicher an Nickel die Legierung ist, um so weisser und schöner, aber auch härter und schwerer bearbeitbar ist das Metall. Will man Argentan gut bearbeitbar machen, dann muss man reines, zähes Kupfer und reines Nickel verwenden. Argentan wird zu Löffeln und verschiedenen Luxusgegenständen verarbeitet. Versilbertes Argentan führt die Benennung „Chinasilber".

Eine Legierung für Lagerschalen, bestehend aus 76 *Zn*, 18 *Sn*, 6 *Cu*, oder 17 *Zn*, 2 *Sb*, 1 *Cu*, wird als Antifrictionsmetall bezeichnet.

Als Weissmetalle werden verschiedene Legierungen bezeichnet, welche grossentheils zum Ausgiessen von Lagern Verwendung finden, so z. B.:

---

*) An Stelle einer grünen Patina entsteht oft eine schwarze, unscheinbare. Man hat die Ursache anfänglich in Geheimnissen des Metallgemisches gesucht. Die Lösung dieses Räthsels war aber sehr einfach. Befindet sich die Bronze in einer Atmosphäre, welche (wie die Luft grosser Städte) Schwefelwasserstoff, schweflige Säure und ähnliche Beimengungen enthält, so bildet sich ein schwarzer Ueberzug von Schwefelkupfer. In reiner Luft (dem Wasser und der Kohlensäure) ausgesetzt, bildet sich die grüne Patina. Die Metallgemische sind nebensächlich. Es wäre angezeigt, Statuen künstlich mit grüner oder brauner Patina zu versehen.

9·8 *Cu*,	78·4 *Sn*,	11·8 *Sb*	}	(sehr gut, aber theuer),
11 „	74 „	15 „		
6 „	83 „	11 „		

ferner Legierungen mit Blei, z. B. 21 *Sn*, 21 *Pb*, 8 *Sb*, oder 82·6 *Pb*, 9·6 *Sb*, 7·8 *Sn* („Magnolia").

Das Britanniametall ist eine statt reinen Zinnes für Zinngiesserwaaren gebrauchte Legierung von 10 *Sn* und 1 *Sb*, oft auch mit einem sehr kleinen Zusatz von Kupfer und Nickel. Diese Legierung ist härter als Zinn und nimmt schöne Politur an.

Das Schriftgiessermetall ist eine Legierung aus: 60 *Pb*, 20 *Sn*, 20 *Sb*. Manchmal macht man das Letternmetall auch nur aus *Pb* und *Sb*, und zwar aus: 80 *Pb*, 20 *Sb*; doch ist dieses weit weniger widerstandsfähig gegen Oxydation.

Als besonders leichtflüssige Legierungen seien nachstehende Wismuth-Legierungen erwähnt:

3 *Sn*,	5 *Pb*,	8 *Bi*,	schmilzt bei 95° C.
1 „	1 „	2 „	„ „ 94° C.
2 „	3 „	5 „	„ „ 91° C.

Diese Legierungen sind theuer, ihre Verwendung beschränkt.

Wenn man die Metalle in Hinsicht auf ihre Reisslänge (jene Länge, bei welcher durch das Eigengewicht des Stabes bereits das Reissen erfolgen würde) vergleicht, so ergibt sich folgendes:

Die Reisslänge beträgt:

bei reinem *Al* . . .	10000 *m*	bei gewöhnlicher Bronze	3300 *m*
„ *Al*-Bronze . . .	8600 *m*	„ Zink	2600 *m*
„ Gussstahl . . .	7200 *m*	„ Kupfer	2700 *m*
„ Schmiedeeisen .	4500 *m*		

Für die praktische Verwendung der Metalle ist der Preis so massgebend, dass über denselben nicht hinweggegangen werden kann, wenn auch die Preise an sich und ihr Verhältniss zu einander sehr wechseln. Zu einiger Orientierung mögen nachstehende Zahlen vom Jahre 1890 dienen.

Preise pro 1 *kg*:

Au	1360·—	fl. Gold	*Al*-Bronze 5%	0·92	fl. Gold
Pt	544·—	„ „	*Cu*	0·56	„ „
Ag	67·—	„ „	*Zn*	0·25	„ „
Al	10·—	„ „	*Pb*	0·16	„ „
Mn	2·58	„ „	Gussstahl . .	0·14	„ „
Ni	2·40	„ „	Schmiedeeisen	0·09	„ „
Sn	1·04	„ „			

Das Holz.

Kommt auch das Holz lange nicht mehr in dem Masse im Maschinenbau in Verwendung als einst, so ist seine Bedeutung doch eine grosse. Seiner Natur nach ist es ein pflanzliches Zellgewebe, bei welchem die Mehrzahl der Zellen in der Richtung der Längsachse des Stammes liegen. Diese Zellen heissen Holzzellen, während die Markstrahlen kleine, radial laufende Zellen sind.

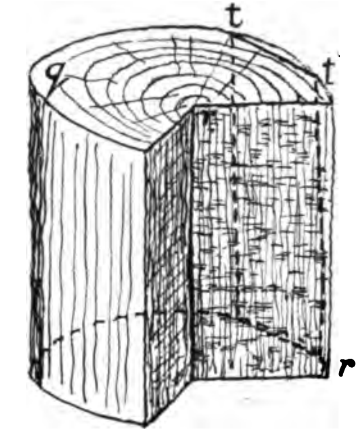


Fig. 92. Hauptschnitte. *q* Querschnitt, *r r* Radialschnitt, *t t* Tagentialschnitt.

Die Bildung des Holzes aus Zellen verschiedener Längenausdehnung, Lage und Wandstärke bedingt, dass das mechanische Verhalten je nach der Richtung der Beanspruchung sehr verschieden ist. In der Richtung der Achse ist das Holz spaltbar, besonders leicht in jener achsialen Richtung, die gleichzeitig auch radial ist, wo also sowohl die Holzzellen, als auch die Markstrahlen nicht durchschnitten, sondern bloss aus ihrer Verbindung gelöst werden.

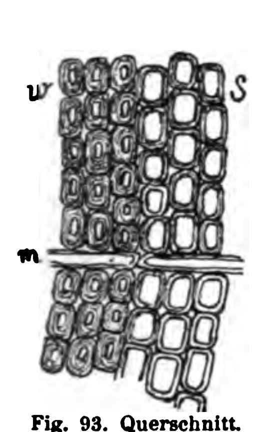


Fig. 93. Querschnitt. *s* Sommer-, *w* Winterholz.

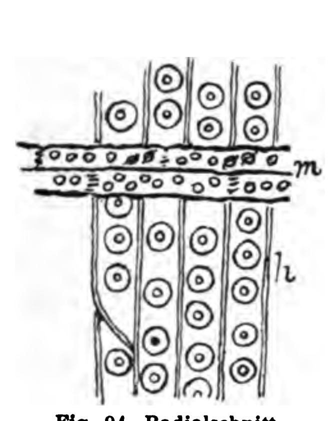


Fig. 94. Radialschnitt. *m* Markstrahlen.

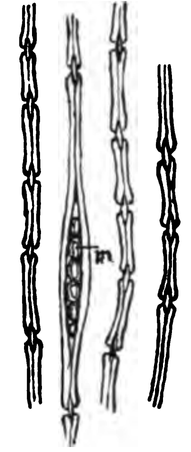


Fig. 95. Tangentialschnitt.

Wird ein Stamm normal zur Längsrichtung durchschnitten, so erhält man den sogenannten Querschnitt *q*, Fig. 92. Schneidet man vom Centrum gegen den Umfang in radialer Richtung, so erhält man den Radialschnitt *r*. Einen Tangentialschnitt *t*

nennt man einen Schnitt, der mehr oder weniger in der Richtung einer den Stamm tangierenden Ebene geführt ist. Im Querschnitt sieht man die Gruppierungen der Holzzellen nach den sogenannten Jahresringen. In jedem einzelnen Jahre ist die Entwickelung der Holzsubstanz nach den Jahreszeiten verschieden, und zwar nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ. Ist die Entwickelung eine langsame (Herbst, Winter), so verdicken sich die Holzzellen mehr. Das Frühlingsholz geht fast continuierlich in das Sommer- und Herbstholz über. An letzteres setzt sich dann beim nächsten Triebe gleichsam sprunghaft wieder Frühlingsholz an.

Wenn ein pflanzliches oder thierisches Gebilde näher auf seine Structur (auf die Art der Zellenverbindung) geprüft werden soll, so sind stets mehrere Schnitte, insbesondere nach den Haupt-

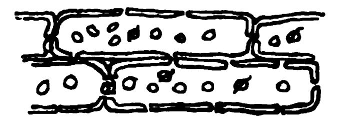


Fig. 96. Markstrahlen der Tanne.

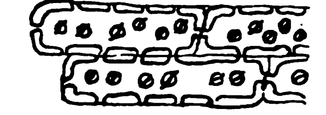


Fig. 97. Markstrahlen der Fichte.

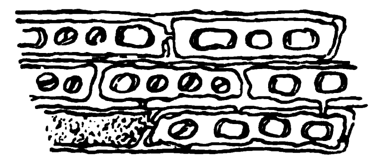


Fig. 98. Markstrahlen der Föhre.

richtungen, zu nehmen. Die Fig. 93 bis 95 zeigen die drei Hauptschnitte durch Tannenholz in etwa 400maliger Vergrösserung und sie lassen erkennen, dass nur aus dem Vergleiche dieser verschiedenen Schnitte die Erkenntniss des Baues möglich wird.

Unsere Nadelhölzer — Fichte, Tanne, Föhre — weisen im Radialschnitte alle deutlich getüpfelte Holzzellen auf.

Die Markstrahlen erscheinen im Radialschnitte schon dem freien Auge als feine, glänzende Streifungen — Spiegel.*) Die Markstrahlen sind theils primäre, d. h. vom Stammkerne bis zur Rinde laufende, theils secundäre, d. h. solche, welche von späteren Jahresringen ihren Ursprung nehmen.

*) Sehr hübsche Dünnschnitte (Querschnitt, Tangential- und Radialschnitt) sind in dem Buche Burkharts „Die wichtigsten europäischen Nutzhölzer", Brünn 1880, enthalten; hierzu guter, kurzgehaltener Text, betreffend die Beschaffenheit und den Gebrauch der abgehandelten Holzarten.

Am spaltbarsten ist das Holz in der Richtung des Radialschnittes, doch setzen die zarten Markstrahlen dem Spalten auch in anderen Richtungen, welche zur Stammachse parallel sind, keinen grossen Widerstand entgegen.

Zur mikroskopischen Unterscheidung der Nadelhölzer können die Merkmale der Markstrahlen herangezogen werden, wie dies die Fig. 96 bis 98 erkennen lassen.

Während bei den Nadelhölzern als Längszellen nur Holzzellen vorkommen, weisen die Laubhölzer auch Gefässe auf, welche grösseren Durchmesser als die Holzzellen und andere Structur besitzen und ein wesentliches Mittel zur Erkennung der Holzart liefern. Nachstehende Fig. 99 bis 102 zeigen einige Gefässe verschiedener Laubhölzer.

Die Substanz des Holzes bezeichnet man mit dem Worte Holzstoff, was nicht mit Cellulose zu verwechseln ist. Man kann

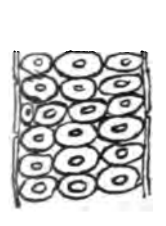
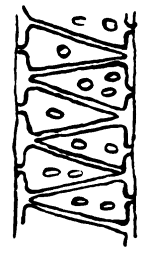
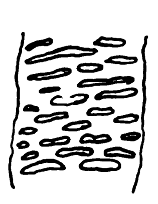
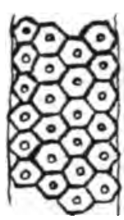





Fig. 99 bis 102. Gefäss-Fragmente verschiedener Laubhölzer.

Holzsubstanz (Lignin) durch chemische Mittel, z. B. durch Kochen in starken Laugen oder doppeltschwefeligsaurem Kalk in Lösung bringen, und der unlösliche Rückstand ist dann nahezu chemisch reine Cellulose. Der Inhalt der Holzzelle besteht im frischen Holze nicht nur aus Wasser, sondern auch aus verschiedenen stickstoff- und kohlenstoffhaltigen Bestandtheilen (Pflanzenalbuminaten, Harzen, Farbstoffen etc.), welche in der Zelle theils gelöst, theils eingelagert sich vorfinden. Die stickstoffhaltigen Bestandtheile des Zellinhaltes sind insbesondere bezüglich der Haltbarkeit des Holzes von wesentlichem Einflusse.

Der Wassergehalt wird durch ein längeres Austrocknen grossentheils entfernt. Frisches Holz hat infolge seines Wasserreichthums und infolge der in den Zellen enthaltenen sonstigen Substanzen keinen Klang. Langjährig ausgetrocknetes Holz gewisser Holzarten kann zu musikalischen Instrumenten, Resonanzböden u. dgl. Verwendung finden; ausgetrocknetes Holz entsprechender Form gibt beim Anschlagen Klang.

Die im Holz enthaltenen stickstoffhaltigen Bestandtheile sind die Hauptursache der Fäulniss des Holzes. In trockener Luft oder an trockenen Orten fault Holz nicht; aber an feuchten Orten finden fäulnisserregende Sporen in den stickstoffhaltigen Zellen ihren Nährboden. Es entwickeln sich die Fäulnisspilze, und das Holz geht in Fäulniss über, welche nicht nur den Zellinhalt, sondern auch die Holzsubstanz ergreift. Die Mittel, das Holz vor Fäulniss zu bewahren, sind:

1. Aufbewahrung an trockenen Orten;
2. Trocknen und Dörren;
3. Entfernen der Saftbestandtheile;
4. Imprägnieren mit fäulnisswidrigen Substanzen;
5. Ueberstreichen mit Wasser undurchlässigen Anstrichen.

Feuchtigkeit und dumpfe Luft wirken verderblich. Legt man z. B. einen Tram mit seinen Enden so an die Mauer, dass zwischen dieser und dem Stirnende des Holzes kein freier, der Luft Zutritt gewährender Raum bleibt, so wird das Ende des Trames sehr bald faulen. Gibt man aber einen, wenn auch kleinen freien Raum, z. B. durch Einlegen eines Stückes Dachziegel, so dass die unmittelbare Berührung mit dem feuchten Mauerwerk entfällt, so bleibt das Holz erhalten.

Wenn man Holz dörrt, so wird nicht nur der Wassergehalt aus dem Holze entfernt, sondern auch das Pflanzeneiweiss zum Gerinnen gebracht. Das coagulierte Pflanzenalbumin ist gegen die Fäulniss weit widerstandsfähiger als das gelöste Eiweiss, und aus diesem Grunde auch das Dörren ein Mittel, Holz haltbarer zu machen.

Unter dem Auslaugen des Holzes versteht man die künstliche Entfernung der Saftbestandtheile entweder durch Einlegen des Holzes in reines fliessendes oder stehendes Wasser, oder dadurch, dass man es dämpft, beziehungsweise mit heissem Wasser behandelt. Man kann die Saftbestandtheile aus dem Holz ziemlich vollständig entfernen. Man erhält dann reineres, vom löslichen Pflanzeneiweiss befreites Holz, welches an Festigkeit nichts verloren hat. Auf das Auslaugen muss man ein Trocknen in der Luft oder in Trockenkammern folgen lassen. Das Trocknen soll allmählich erfolgen, um ein Zerreissen zu verhindern.

Das Holz hat die üble und für den Maschinenbau ausserordentlich lästige Eigenschaft des Schwindens, beziehungsweise des Quellens.

Schwinden nennt man die Volumsverminderung, die beim Austrocknen eintritt; Quellen die Volumsvermehrung, beim Uebergang aus dem trockenen in den feuchten Zustand. Man trachtet,

das Schwinden und Quellen so weit als möglich zu vermindern. In diesem Sinne wirkt das Dörren günstig ein, weil die leicht wasseranziehenden Eiweissbestandtheile coaguliert werden und dadurch das Holz minder hygroskopisch wird. Noch wirksamer ist es, auf das getrocknete Holz einen schützenden Anstrich zu geben, welcher das Einsaugen von Feuchtigkeit hindert.

Das Schwinden findet nach den verschiedenen Hauptrichtungen verschieden stark statt. Am geringsten in der Richtung der Faser, mehr in radialer und noch mehr in tangentialer Richtung. Diese Schwindungen verhalten sich etwa wie 1 : 10 : 20. In radialer Richtung beträgt das Schwinden im Mittel etwa 3%; doch verhalten sich die verschiedenen Hölzer sehr verschieden.*) Wenn man einen Stamm durch eine Reihe von Parallelschnitten in Bretter theilt, so findet ein gewisser Uebergang vom Radial- in den Tangentialschnitt statt. Da das Holz in tangentialer Richtung mehr schwindet als in radialer, so wird es sich dort, wo die Schnittfläche der Tangentialrichtung näher liegt, mehr zusammenziehen. Das Brett krümmt, „wirft" sich beim Trocknen. Um das Werfen, welches mithin eine Folge ungleichen Schwindens oder Quellens ist, hintanzuhalten, wendet man verschiedene Mittel an.

Eines der wirksamsten Mittel besteht darin, dass man das Stück aus Theilen zusammensetzt, deren Faserlauf nach verschiedenen Richtungen geht. Man hat dann eine Zwangsverbindung, wie sie z. B. bei den gewöhnlichen Reissbrettern, vollkommener bei Messtischbrettern besteht. Es läuft beim Reissbrett die Faserrichtung der Länge des Brettes nach. Rechts und links sind Anstossleisten, die mit einer Nuth versehen sind und die sogenannte Feder des Brettes aufnehmen (▀▀-▀▀). Man wählt die Anstossleiste aus einem härteren Holz; der Faserlauf derselben liegt normal gegen den Faserlauf der meist weichen Bretter. Die Anstossleiste hat den Zweck, das Verkrümmen des Brettes möglichst zu hindern. Das Messtischbrett, welches seine stabile Form behalten muss, ist aus vielen im Faserlauf wechselnden Stücken zusammengesetzt; die Schwindungskräfte der einzelnen Theile heben sich so ziemlich auf.

Um Holz auch dort, wo dasselbe mit Erde oder anderen fäulnisserregenden Substanzen in Berührung ist, zu conservieren, wendet man Imprägnierung an. Im Maschinenbau findet dieselbe selten Anwendung, da man das Holz entweder trocken zu halten vermag oder mit schützenden Anstrichen versieht. Wo aber das Holz den Einflüssen der Feuchtigkeit und fäulnisserregender Sub-

*) Karmarsch-Heeren, technisches Wörterbuch, 4. Bd., S. 373. Dr. H. Nördlinger, die technischen Eigenschaften der Hölzer, Stuttgart 1890.

stanzen ausgesetzt ist (Schwellen der Eisenbahnschienen, Telegraphenstangen u. s. w.), soll man imprägnieren.

Als Imprägnierungsmittel haben sich bewährt: Sublimat oder Chlorquecksilber, Kupfervitriol, Chlorzink und Creosot, beziehungsweise Theer. Man kann die Imprägnierungsflüssigkeiten durch Niederdruck, Mitteldruck und Hochdruck in das Holz bringen. Mit Niederdruck imprägniert man durch Einlegen der bearbeiteten Holzstücke in die Imprägnierungsflüssigkeit; hierbei dringt dieselbe nur bis auf eine geringe Tiefe (etwa 10 *mm*) ein. Die Schwellen werden in einen kalfaterten Holzkasten gelegt, beschwert und hierauf der Kasten mit verdünnter Sublimatlösung (1 Theil auf 150 Theile Wasser) gefüllt. Die Dauer der Einwirkung beträgt etwa 10 Tage. Das auf diese Art imprägnierte Holz darf nicht bearbeitet werden, denn man würde die imprägnierte Schicht entfernen und das nicht imprägnierte Innere den schädlichen Einflüssen freilegen. Dieses Verfahren wird Kyanisieren, nach dem Erfinder Kyan, genannt.

Das Verfahren mit Mitteldruck findet bei der Imprägnierung mit Kupfervitriol Anwendung. System Boucherie. Die Imprägnierung erfolgt mit einem Drucke von $^1/_2$ bis 1 Atmosphäre. Die Gefässe mit 1procentiger Kupfervitriollösung sind auf einem 5 bis 10 *m* hohen Gerüste angebracht, von welchem Rohrleitungen herab zu den Stämmen führen. Der Stamm, auf doppelte Schwellenlänge geschnitten, wird in der Mitte tief eingeschnitten, wobei er an der Schnittstelle unterstützt wird; die freien Enden bedingen ein Aufklaffen des Schlitzes, in welchen nun ein mit Unschlitt getränkter Strick so eingelegt wird, dass er den Schnittspaltrand abschliesst. Die Mittelstütze wird hierauf entfernt und der Stamm an den beiden Enden unterstützt; dadurch sinkt der Stamm in der Mitte etwas ein, und die mit Fett getränkten Stricke werden derart geklemmt, dass sie den Hohlraum des Einschnittes abdichten. In diesen Hohlraum wird durch eine entsprechend gelegte Bohrung die Imprägnierungsflüssigkeit eingeleitet.

Dieselbe durchdringt den Stamm nach beiden Seiten der Länge nach und fliesst am Ende in Rinnen ab. Anfänglich erscheint die austretende Flüssigkeit braun, endlich wird sie bläulich. Enthält die austretende Flüssigkeit bei $^2/_3\%$ Vitriol, so hört man mit dem Imprägnieren auf. In den Zellen lagert sich Kupfervitriol ab, und spaltet man solch' getrocknetes Holz, so sieht man deutlich die blauen Krystallchen des Vitriols.

Das Hochdruckverfahren treibt die Imprägnierungsflüssigkeit mit 3 bis 10 Atmosphären Pressung in das Holz. Als Flüssig-

keit verwendet man entweder Chlorzink oder auch Destillationsproducte des Theers oder Theer selbst. Die zu imprägnierenden Schwellen werden auf kleinen eisernen Karren in einen grossen Kessel geschoben, welcher innen Schienen besitzt, auf welchen die Räder der Karren laufen. Das Imprägnierungsverfahren ist verschieden. Beim System Burnett mit circa 2%iger Chlorzinklösung wird ein Kessel von 3- bis 4facher Schwellenlänge angewendet; es werden 3 bis 4 mit Schwellen beladene Wagen eingefahren, durch etwa 3 Stunden gedämpft, wobei man den ausgelaugten Saft abfliessen lässt, hierauf wird durch $^1/_2$ Stunde auf $^2/_3$ Atmosphäre evacuiert, die Imprägnierungsflüssigkeit aus einem tiefer stehenden Behälter aufgesogen, und dann durch etwa 4 Stunden Druck von 5 bis 7 Atmosphären gegeben. Beim Verfahren von Bethell mit „Creosotöl" (schweres Theeröl) wird das Holz zuerst getrocknet, dann mit warmem Theeröl bei einem Druck von 10 Atmosphären imprägniert.

Die Kosten für die Imprägnierungsflüssigkeit pro 1 Schwelle betragen bei dem Verfahren von Kyan circa 50 kr., von Boucherie circa 30 kr., von Burnett circa 24 kr., von Bethell circa 60 kr.

Holzart	Mittlere Dauer in Jahren	
	natürlich	imprägniert
Eiche	10 bis 16	16 bis 25
Föhre	7 „ 8	12 „ 14
Tanne, Fichte	4 „ 5	9 „ 10
Buche	$2^1/_2$ „ 3	9 „ 10

Der Vortheil der Imprägnierung ist mithin bei der Rothbuche am grössten.

Zu baulichen Zwecken wendet man imprägniertes Holz sehr selten an, weil innerhalb der Räumlichkeiten das Holz meistens vor den schädlichen Einwirkungen genügend geschützt ist. Man soll nie ein frischgeschlagenes, sondern stets nur gut lufttrockenes Holz verwenden. Auch soll das Bauholz zur Winterszeit geschlagen werden.

Imprägnierung gegen Brennbarkeit findet wohl selten statt, doch ist dieselbe unschwer durchzuführen. Man kann trockenes Holz schwer entzündbar machen, wenn man es mit verdünnter Wasserglaslösung mehrmals bestreicht, wobei das Einsaugen der Lösung dann besser erfolgt, wenn man dieselbe heiss aufträgt.

Empfehlenswerth ist auch die Imprägnierung oder der Anstrich mit einer Lösung von schwefelsaurem Ammoniak.*)

Das Austrocknen der Nutzhölzer muss oft deshalb verzögert werden, damit keine Risse auftreten. Man bewirkt dies durch einen Anstrich der Stirnenden mit Wasserfarbe, oder durch Bekleben mit Papier. Manche Hölzer werden auch nur theilweise, nach einer Schraubenlinie entrindet, damit sie langsamer trocknen.

Wenn man in einer Gegend bauliche Constructionen ausführt, wo der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ein grosser ist, so sind die Tram- und Fussböden mit Ventilationsschläuchen (Oeffnungen durch die Mauer) zu versehen; auch ist der Bauschutt künstlich zu trocknen. Es gibt Gegenden, wo die Luft zeitweise einen so hohen Feuchtigkeitsgrad hat, dass die baulichen Holzconstructionen (wenn auf die erwähnten Vorsichten nicht Rücksicht genommen ist) Feuchtigkeit anziehen, und durch einen eigenen Pilz, den Hausschwamm (merulius lacrimans), der den richtigen Nährboden auf dem Holze findet, zerstört werden.**)

Im Waggonbau findet nach dem Trocknen und Bearbeiten der Bretter das sogenannte Abflammen zu dem Zwecke statt, späteren Anstrich besser haftend zu machen. Das Abflammen ist ein Durchziehen der hochkantig gestellten Bretter durch einen eigenen Ofen. Die Flamme schlägt rechts und links gegen das Holz, und dieses wird durch die Flamme hindurchgezogen, wodurch es an der Oberfläche kräftig gedörrt wird. Ein abgeflammtes Brett eignet sich für den Oelfarbenanstrich viel besser als ein nur getrocknetes Brett.

Verschiedene Arten der Hölzer und Einiges über ihre Verwendung.

Die Holzarten sind in ihren Eigenschaften ausserordentlich verschieden. Als das specifisch leichteste Holz dürfte wohl das zu den Bombaceen gehörige Balsaholz mit 0·16 specifischem Gewicht, als das specifisch schwerste das schwarze Eisengrenadillholz mit 1·28 zu bezeichnen sein. In ersteres dringt eine Nadel ebenso leicht ein, wie in Kork, während letzteres sich mit dem Messer kaum mehr schneiden lässt.

---

*) S. Karmarsch-Heeren, technisches Wörterbuch, 3. Bd., S. 575. Dingler's polyt. Journ., 199. Bd., S. 194.

**) Als Mittel gegen den Hausschwamm wurde mehrseitig mit gutem Erfolge ein Anstrich mit Victoriagelb (Dinitrokresylnatrium) angewendet, welches unter der Benennung Antinonnin von der Farbenfabriksgesellschaft vorm. Fried. Bayer & Co. in Elberfeld in den Handel gebracht wird.

Nördlinger theilt die Hölzer nach ihrer Härte in Gruppen, welche durch nachstehende Eigenschaftswörter gekennzeichnet sind: steinhart, beinhart, sehr hart, hart, ziemlich hart, weich und sehr weich.

Zu den „steinharten" Hölzern gehören das Ebenholz, das Pockholz, das Grenadillholz und noch mehrere andere ausländische Hölzer. Ein Brettchen aus diesen Hölzern, mit einem leichten Hammer beklopft, klingt ähnlich wie eine Marmorplatte. Das Ebenholz ist das Holz verschiedener Diospyros-Arten, die schwarzen Ebenhölzer sind hochgeschätzt und werden zu verschiedenen feinen Drechsler- und Tischlerwaaren verarbeitet; die braunen Varietäten werden meist schwarz gebeizt. Das Ebenholz ist schwer, dicht, feinzellig und spröde. Das Pockholz, Guajakholz, Lignum sanctum (von Guajacum officinale) ist sehr schwer, sehr dicht und dauerhaft, weil sehr harzreich, es wird zu Hämmern, Walzen, Färberwindebäumen, Turbinenlagern, Kegelkugeln u. a. m. verarbeitet. Das Grenadillholz ist dem Pockholz ähnlich. Man bezeichnet besonders harte Sorten desselben als Eisenholz (Eisengrenadill). Die Farbe des Grenadillholzes ist rothbraun, braun und auch schwarz.

Zu den „beinharten" Hölzern rechnet man das Sauerdorn-, Buchsbaum-, Heckenkirschen- und Syringeholz. Technisch wichtig ist besonders das Buchsholz durch seine ausserordentliche Dichte und Gleichförmigkeit, welche Jahresringe kaum unterscheiden lässt. Es ist das Holz der Xylographen, welche die Holzschnitte auf Scheiben dieses Holzes herstellen, die senkrecht zur Stammachse geschnitten sind; natürlich eignet sich dieses Holz auch zu den feinsten Drechslerwaaren und wird dasselbe zu Broschüreschützen, Blasinstrumenten u. a. m. verwendet. Seine Farbe ist meist blassgelb.

„Sehr harte" Hölzer sind Kornelkirsche, Hartriegel und Weissdorn. Das Holz der Kornelkirsche (Cornus mascula), in Wien „Dirndelholz" genannt, sowie das Weissdornholz ist zugleich auch ein sehr zähes Holz, welches sich zu Hammerstielen und Maschinentheilen, Radzähnen etc. eignet.

Zu den „harten" Hölzern gehören Eiben-, Masholder-, Kreuzdorn-, Kirschbaum-, Weissbuchenholz u. a. Das Weissbuchenholz wird insbesondere zu Holzwerkzeugen (Heften der Stemmeisen, Hobelkästen etc.) verwendet, auch im Maschinenbau, z. B. zu den Zähnen von Kammrädern, zu Lagern u. dgl.

„Ziemlich harte" Hölzer sind die Hölzer der Esche, Zwetschke, Mahalebkirsche, Akazie und Ulme. Das Eschenholz wird als Tischlerholz und seiner Zähigkeit wegen auch zu Wagendeichseln und Turngeräthen verwendet. In ersterem Falle gewöhn-

lich zu Fournieren geschnitten aus knorrigen Klötzen; für Deichseln u. dgl. wählt man geradwüchsige Bäume. Ulmenholz wird sowohl im Wagenbau als zu Axtstielen u. dgl. benützt.

Zu den „etwas harten" Hölzern: Silber-Ahorn, Spindelbaum, Rothbuche, Nussbaum, Birnbaum, Apfelbaum, Eiche, Vogelbeerbaum.

Das Eichenholz ist ein vielgebrauchtes Werkholz, insbesondere im Wagenbau und zu Fässern (Böttcherholz), nebenbei auch als Tischlerholz. Hierzu ist auch das indische Eichenholz (Tikholz, Teakholz) zu rechnen. Das Rothbuchenholz wurde früher fast nur als hartes Brennholz verbraucht, in neuerer Zeit jedoch auch zu Möbeln aus „gebogenem Holze", zu Fussbodenbelag und zu Petroleumfässern.

„Weiche" Hölzer sind: Fichte, Tanne, Lärche, Föhre, Birke, Rosskastanie, Haselnuss u. a.

Fichten- und Tannenholz sind unsere gebräuchlichen Bauhölzer, d. h. das Holz zu Dachstühlen, Trämen und weichen Fussböden; auch werden sie vom Tischler zu weichen Möbeln verarbeitet.

Das harzreiche Föhren- und Lärchenholz findet seine Verwendung insbesondere dort, wo das Holz den Einflüssen der Atmosphäre oder fäulnisserregender Stoffe ausgesetzt ist. Aus Föhrenholz werden gern die Rahmen der äusseren Fenster, aus Lärchenholz Wasserleitungs- und Brunnenröhren hergestellt. Am harzreichsten ist das Holz der Pechföhre von Pinus rigida oder resinosa, welches selbst lufttrocken häufig etwas grösseres specifisches Gewicht als das Wasser besitzt und für den Waggonbau (insbesondere zu Viehwaggons) aus Amerika bezogen wird.

Das Birkenholz wird in grösseren Mengen als Wagnerholz und zu Holzstiften (Schuhzwecken) verarbeitet. Aus allen weichen Hölzern wird auch Holzzeug oder Holzschliff, das Hauptmaterial ordinärer Papiere, in grossen Mengen hergestellt; desgleichen „Cellulose" als Ersatz für Leinenhadern.

„Sehr weiche" Hölzer sind die Hölzer der Weymouthskiefer, Pappel, Weide, Linde, Espe und Ceder. Espenholz wird zur Herstellung langer feiner Späne verwendet, aus welchen Holzgewebe meist zu ordinären Sommerhüten, angefertigt werden. Das Holz der Ceder wird zu den Fassungen besserer Bleistifte verarbeitet.

Allgemeine Bemerkungen über Rohmaterialien.

Aufgabe des Maschineningenieurs ist es, Arbeitsmaschinen für die verschiedensten Materialien und Zwecke zu liefern und treten an ihn in dieser Beziehung im praktischen Leben oft die mannigfachsten Forderungen heran. Er muss sich zunächst über die Eigenschaften des zu bearbeitenden Materials unterrichten, nicht selten zu diesem Zwecke selbst Versuche ausführen. Das Verhalten gegen äussere Kräfte — Druck zwischen den Fingern, Behandlung mit dem Hammer — wird zunächst Aufschluss geben, ob das Material bildsam ist. Es wird das Verhalten des Materials in verschiedenen Temperaturen zu untersuchen sein, in vielen Fällen auch der Einfluss des Einwirkens von Wasser, insbesondere bei längerem Einweichen, welches z. B. Meerschaum, Elfenbein und andere Zähne für die folgende Bearbeitung günstig beeinflusst. Die Erwärmung darf zu Formänderungszwecken nie bis zu einer Höhe getrieben werden, welche die Substanz chemisch verändert, zersetzt, wie dies bei vielen Stoffen organischen Ursprunges der Fall ist. Erst auf Grundlage ziemlich eingehender Kenntniss der Eigenschaften des Materials kann der Maschineningenieur eine Arbeitsmaschine construieren, denn erst diese Kenntnisse liefern die Grundzahlen über anzuwendende Kräfte und zulässige Geschwindigkeiten.

Die specielle mechanische Technologie, d. h. die Verarbeitungslehre eines bestimmten Materials, hat daher stets zuerst und thunlichst eingehend die mechanisch-physikalischen Eigenschaften des Materials zu behandeln, mit Rücksicht auf die verschiedenen handelsüblichen Qualitäten, auf Verunreinigungen und Verfälschungen und ist das Material ein organisiertes, wie Holz, Steinnuss, Getreide, Zähne u. dgl., so wird auch die histologische Untersuchung erforderlich.

Manche Materialien setzen der Bearbeitung durch ihre besonderen Eigenschaften auch besondere Schwierigkeiten entgegen. Als Beispiel mag hier der K a u t s c h u k hervorgehoben werden. Dieses Material wird in den Kautschukfabriken wohl durch kräftiges Kneten mittelst besonderer Walzwerke, welche mit erwärmten Walzen (unter 80° C.) arbeiten, in den b i l d s a m e n (knetbaren) Zustand versetzt, und kann in diesem, allenfalls unter Zusatz von Lösungsmitteln (Benzin etc.) in seiner Weichheit gesteigert, mit anderen Substanzen, z. B. Schwefel (zum Zwecke des Vulcanisierens), Kienruss (zum Zwecke der Volumsvermehrung und satten Schwärzung) versetzt werden. Es kann daher der Kautschuk bildsam gemacht werden; aber die Erzielung dieses Zustandes ist an so

specielle, kräftig wirkende Hilfsmittel gebunden — die Walzwerke erfordern circa 10 Pferdekräfte — dass von der Bildsamkeit dieses Materials nur in den Specialfabriken Gebrauch gemacht werden kann.

In Maschinenfabriken wird daher der Kautschuk zu Puffern u. dgl. meist nur in Stücken verwendet, welche aus der Kautschuk- oder Gummiwaarenfabrik bezogen werden, und zwar zumeist vulcanisiert und in Form und Grösse zum Gebrauche unmittelbar geeignet. Nur das Schneiden cylindrischer oder scheibenförmiger Stücke aus dicken Kautschukplatten wird zuweilen in der Maschinenfabrik oder von Drechslern ausgeführt, in welchem Falle scharfe, rasch bewegte Messer, meist röhrenförmiger Gestalt, mit Wasserzufluss gegen die Schneidstelle, zur Wirkung kommen.

Vulcanisierter Kautschuk ist als chemische Verbindung des Kautschuks mit Schwefel zu betrachten, welche Verbindung durch verschiedene Methoden erreichbar ist. Der vulcanisierte Kautschuk ist in den Lösungsmitteln des Kautschuks nicht mehr löslich und bleibt in der Kälte elastisch, während reiner Kautschuk hart wird, auch verträgt derselbe etwas höhere Temperaturen ohne Zersetzung.

III. Theil.

Von den passiven Hilfsmitteln der Bearbeitung.

Zu den passiven Hilfsmitteln der Bearbeitung gehören:
1. Die Mittel zum Messen und Linienziehen;
2. die Mittel zum Festhalten; und
3. die Mittel zur Erhitzung.

1. Mittel zum Messen und Linienziehen.

Die jedem Techniker bekannten Mittel zum Messen, die Massstäbe*) und gewöhnlichen Zirkel mit den Varianten Spitz- und Stangenzirkel dürfen hier übergangen werden, nur sei bemerkt, dass das Bandmass, aus einem Stahlband hergestellt, ein sehr praktisches Mass für den Werkstättendienst ist.

Häufig ist bei Bearbeitungen die Aufgabe zu lösen, parallel zur Kante eines Arbeitsstückes eine Linie anzureissen oder einen

---

*) Die im allgemeinen Gebrauch stehenden, zusammenlegbaren Massstäbe werden auf dreierlei Art hergestellt. Entweder man presst die Theilung ein, wobei einzelne Lamellen, welche in entsprechenden Abständen stehen, sich mit ihren Unterkanten in das Material eindrücken und eine vertiefte Theilung erzeugen, oder es findet nur ein farbiger (schwarzer) Druck auf der Oberfläche des Massstabgliedes statt, oder es werden beide Verfahren verbunden und es erscheinen die Striche schwarz und vertieft.

Stahlmassstäbe mit vertiefter Theilung, welche von 0·5 bis 1 *m* Länge käuflich sind, werden dadurch hergestellt, dass die Schiene (Blatt) zwischen hochgravierten Walzen durchgezogen wird.

In ähnlicher Weise können auch die Glieder zusammenlegbarer Holz- oder Masse-Massstäbe hergestellt werden, und erfolgt hierbei zugleich das Schwärzen der vertieften Linien dadurch, dass die Prägescheibe an ihren Höhen eingeschwärzt ist.

Durch ein einfaches sinnreiches Druckverfahren werden Bandmasse aus breiten Wachstuchen für die Bekleidungsgewerbe hergestellt.

Schnitt zu führen. Hierzu bedient man sich des Reiss- oder Streichmasses. Dasselbe beruht in seiner einfachsten Form im wesentlichen darauf, dass Stahlspitzen mit Stäbchen, welche in einem Anschlag verschiebbar befestigt sind, beim Hinschieben des Anschlages an der Kante des Arbeitsstückes mit ihren Spitzen parallele Linien ins Arbeitsstück einreissen.

Nachstehende Figuren stellen Streichmasse dar: *A*, Fig. 103, ist der Anschlag; *P* das verschiebbare, mittelst Keil feststellbare Prisma.

Das Tischlerstreichmass wird entweder nur mit einer Reissspitze ausgeführt, oder auch mit zweien, in welchem Falle die zweite Spitze behufs Aenderung der Spitzenentfernung *d* an einer Leiste befestigt ist, welche sich in einer Nuth des Prismas *P* verschieben lässt. Hierdurch können zwei parallele Linien von bestimmtem Abstande unter sich und vom Rande angerissen werden.

Die für Metallbearbeitung angewendeten Reissmasse sind aus Metall hergestellt; nur der Anschlag ist zuweilen aus Holz, mit Stahl verkleidet.

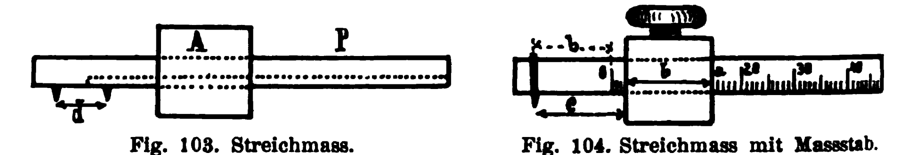


Fig. 103. Streichmass. Fig. 104. Streichmass mit Massstab.

Versieht man das verschiebbare Prisma mit entsprechender Theilung, deren Nullpunkt von der Nadelspitze um die Breite des Anschlages absteht, so kann man die Entfernung der Spitze vom Anschlag bei *a*, Fig. 104, ablesen, beziehungsweise die Spitze auf eine bestimmte Entfernung *e* einstellen.

Die Praxis erheischt oft, auf ein Arbeitsstück, z. B. ein Lager etc. in einer gewissen Höhe eine Linie einzureissen. Zu diesem Behufe wird das betreffende Arbeitsstück mit seiner bereits bearbeiteten Grundfläche auf eine horizontal gestellte, ebene Platte, Richtplatte gestellt und mit dem stehenden Streichmasse die Linie dadurch angerissen, dass man dasselbe auf der Richtplatte verschiebt, während die Spitze gegen das Arbeitsstück gedrückt wird.

An der vertikalen Säule des stehenden Streichmasses, Fig. 105, kann die Hülse, welche die Reissnadel trägt, beliebig vertikal verschoben und auch gedreht werden. Ebenso lässt sich die Reissnadel in ihrer Längsrichtung verschieben, drehen und feststellen. Man kann nach Bedarf die Spitze bei *s* oder *t* zum Anreissen gebrauchen.

Die richtige Einstellung der Spitze des stehenden Streichmasses auf eine verlangte Höhe erfolgt durch Zuhilfenahme eines mit

Theilung versehenen, gleichfalls auf die Richtplatte gestellten Stativs. Der Nullpunkt der Stativtheilung liegt im Niveau der Richtplatte. Manche stehende Streichmasse sind mit Mikrometerschraube zur feinen Einstellung der Spitze versehen. Viele Arbeitsstücke werden mit einem Anstrich aus weisser Wasserfarbe versehen, damit die Linien der Reissnadel deutlicher hervortreten.

In den Werkstätten verwendet man zum Messen, richtiger „Abgreifen" der Dicken und Höhlungen die Greif- oder Dickzirkel und die Hohlzirkel. Fig. 106 und Fig. 107.

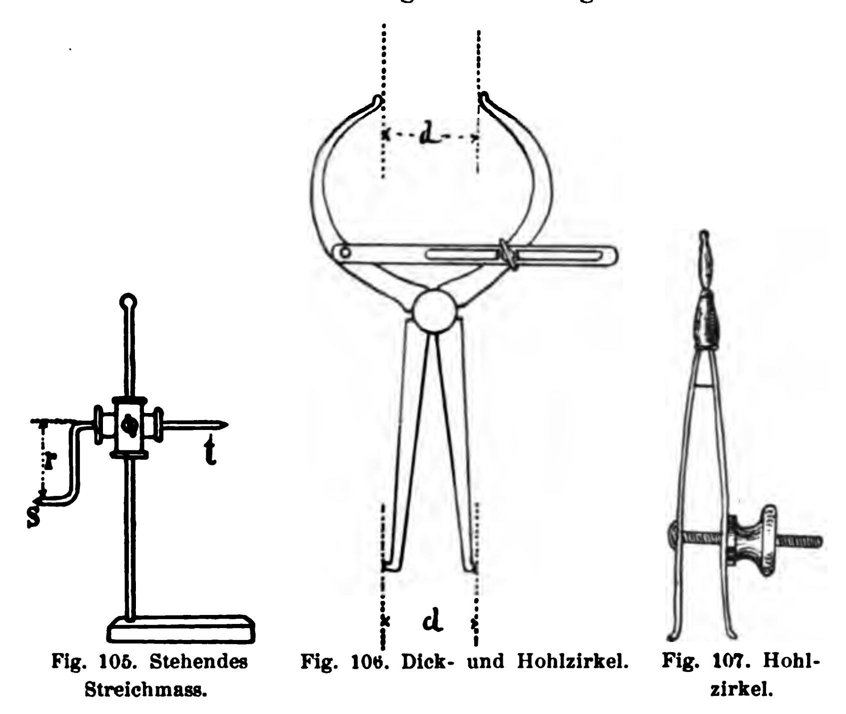


Fig. 105. Stehendes Streichmass. Fig. 106. Dick- und Hohlzirkel. Fig. 107. Hohlzirkel.

Um die Einstellung dieser Zirkel leichter vornehmen zu können, werden dieselben zuweilen mit einer Schraube versehen, deren Gebrauch die Zirkelschenkel entsprechend einander nähert oder entfernt. Bei diesen Zirkeln kann das gewöhnliche Scharnier durch eine hufeisenförmige Feder ersetzt sein (Federzirkel).

Bei jenen Zirkeln, welche keine Stellschraube besitzen, muss im Zirkelscharnier genügende Reibung vorhanden sein, damit keine unbeabsichtigte Verstellung eintritt. Das beiläufige Oeffnen des Zirkels erfolgt von Hand aus und das Einstellen bis zur genauen Berührung des abzugreifenden Stückes dadurch, dass man den Zirkel, welchen man am Scharniere hält, gegen einen festen Körper

derart anschlägt, dass die Zirkelschenkel sich einander nähern. Man kann bei einiger Uebung auf diese Art den Zirkel sehr genau einstellen. Häufig wird der Zirkel nach einem cylindrischen Masse (Kaliber s. unten) so eingestellt, dass er sich mit schwacher Reibung darüber ziehen lässt; das herzustellende cylindrische Arbeitsstück muss nun so weit abgedreht oder abgeschliffen werden, bis dem Darüberschieben des Zirkels gleicher Widerstand entgegen-

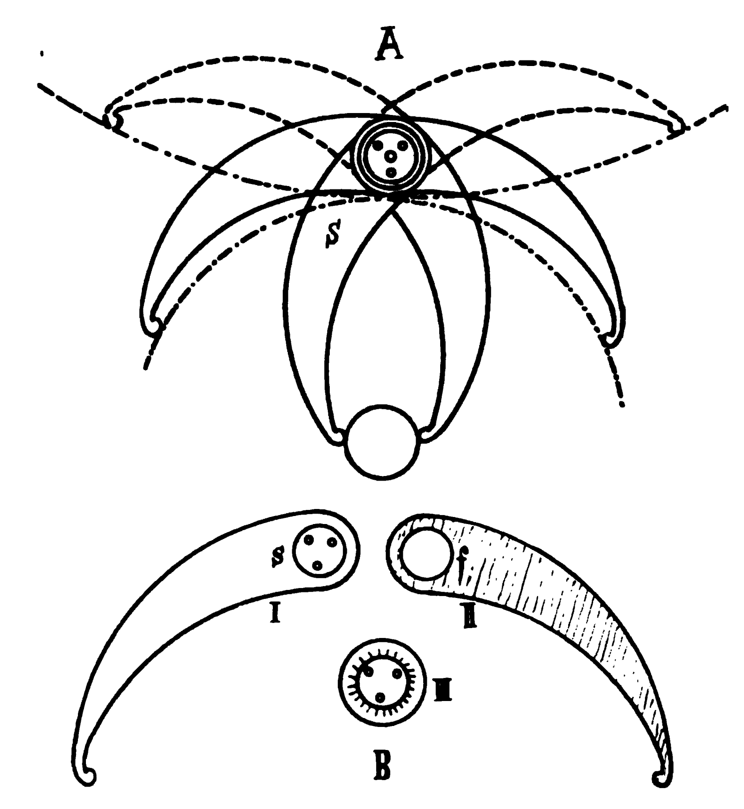


Fig. 108. Dickzirkel mit Scheibenscharnier.

tritt. Bei einiger Uebung (Gefühl) misst, beziehungsweise vergleicht man auf $^{1}/_{100}$ *mm* genau.

Durch eine eigenthümliche Einrichtung des Zirkelscharniers kann mit einem Greifzirkel auch der Durchmesser grösserer Voll- und Hohlcylinder annähernd gemessen werden, als solche zwischen die Zirkelspitzen genommen werden könnten, weil durch drei Punkte ein Kreis bestimmt ist und der Zirkel so zum Anliegen gebracht werden kann, dass derselbe das zu messende Stück sowohl mit den beiden Enden als mit der Kreisscheibe des Scharniers berührt.

Das Scharnier besteht aus dem mit einer Aufsatzscheibe *s* versehenen Theile *I*, Fig. 108, dem ringförmigen Theile *II*, welcher auf *I* aufgesetzt werden kann, und der Scheibe *III*, welche mit drei Schräubchen an *I* befestigt wird. Aus Fig. 108 ist der Gebrauch dieses Zirkels 1. als Dickzirkel, 2. zum Messen der Durchmesser äusserer grösserer Krümmungen, 3. zum Messen der Durchmesser innerer Krümmungen zu ersehen. Ein Pfeil zeigt auf die empirische Theilung an der Scheibe *III* und lässt auf dieser näherungsweise den Durchmesser ablesen. Verdreht man den Zirkel noch weiter im Scharniere, so erlangt er die Gestalt eines Hohlzirkels und kann als solcher verwendet werden.

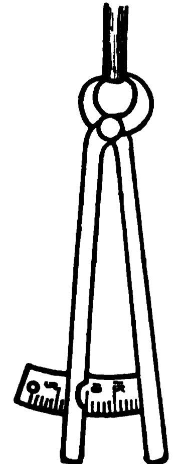
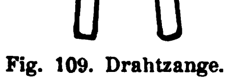



Fig. 109. Drahtzange.

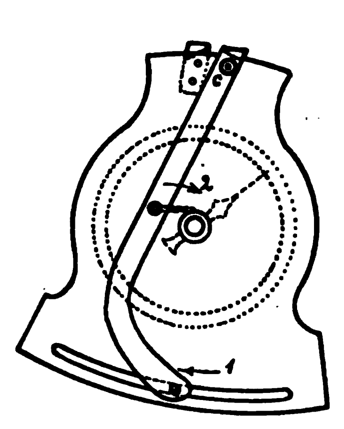


Fig. 110. Streicher's Drahtmass.

Zu den zirkelähnlichen Hilfswerkzeugen gehören auch jene Vorrichtungen, welche als Drahtzangen in der Weise in Verwendung kommen, dass man den zu messenden Draht im zangenförmigen Maule fasst und die erfolgte Oeffnung aus der Stellung des einen Zangenschenkels an der Theilung des Kreisbogens abliest, welcher mit dem anderen Schenkel verbunden ist. Zwischen beiden Zangenschenkeln befindet sich eine Blattfeder, welche leichten Andruck der Zange an den Draht vermittelt. Fig. 109.

Zum Messen von feineren Drähten oder kleiner Zapfen, wie sie in der Uhrmacherei gebraucht werden, dient der Streicher'sche Apparat (Fig. 110), welcher im Princip zu den Drahtzangen gehört, jedoch eine dem Zwecke entsprechende, genauere Ablesung gestattet. Der eine Zangenbacken ist an ein Gehäuse geschraubt, während der zweite zu einem Hebel ausgebildet ist. Eine Uhrfeder vermittelt

durch Kettentrommel und Kette den Schluss der Zange. Ein mit der Trommelachse verbundener Zeiger weist auf einen getheilten Kreis und gestattet die Hebelstellung auf dessen empirischer Theilung abzulesen. Die Drahtdicken werden hier, wie bei der Drahtzange nicht eigentlich gemessen, d. h. auf 1 *mm* bezogen, sondern man erhält für jede Drahtdicke eine Zahl (Nummer).

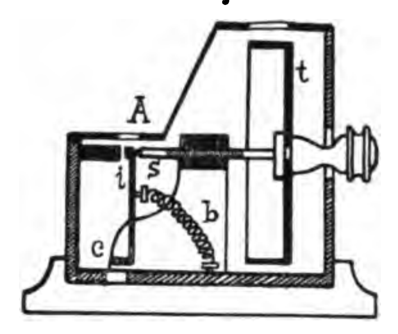


Fig. 111. Piknometer.

Zum Messen der Dicken des Papieres bedient man sich des sogenannten Piknometers, welches aus Fig. 111 ohne weitere Beschreibung verständlich ist, wenn bemerkt wird, dass das zu messende Papier durch den Schlitz bei *A* in die Zange *i* gesteckt und letztere hierauf durch die Schraube *s* geschlossen wird. An der getheilten Trommel wird die Dicke in Hundertel von Millimetern abgelesen.

Zum Messen von Dicken werden ferners noch mit ausgezeichnetem Erfolge Schraublehren gebraucht. Die Einrichtung ist aus untenstehender Fig. 112 ersichtlich.

Die Schraube *s* findet in bR_1 ihre Mutter, die Dicke des Werkstückes entspricht dem Abstande der Kante *mn* vom Nullpunkte der Theilung $(d = d')$. Es sei noch bemerkt, dass der Bügel *b* in das

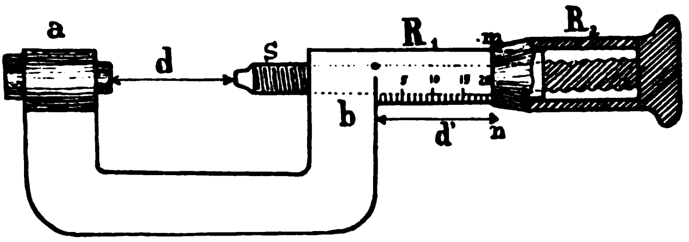


Fig. 112. Schraublehre.

Rohr R_1 ausläuft, über welches sich das Rohr R_2, welches mit der Schraube *s* fest verbunden ist, hinschiebt, beziehungsweise dreht. Das Rohr R_2 besitzt eine abgeschrägte Fläche, auf welcher eine Theilung derart angebracht ist, dass noch $^1/_{10}$ *mm* direct abgelesen werden können. Das Schräubchen bei *a* dient zur Rectification.

Bei Anwendung der Schraublehre darf das Drehen der Schraube *s* nur so lange erfolgen, bis der zu messende Gegenstand zwischen den Endflächen der Schräubchen mässig geklemmt ist. Das Drehen der Schraube muss mit Gefühl des Widerstandes ge-

schehen, sonst drückt man *s* in den Gegenstand ein, und das Mass wird zu gering gefunden. Um diesem Uebelstande zu begegnen, versah man das Ende des Rohres R_2 mit einem Kopf, der sich mit Reibung auf R_2 drehen lässt, die so gross sein muss, dass die Schraube bis zu erfolgtem dichten Anliegen an den zu messenden Körper gedreht wird, des weiteren aber der Kopf auf R_2 gleitet. Diese Vorrichtung versagt jedoch bei längerem Gebrauche infolge Abnützung. Man kann mit der Schraublehre, wenn die Messflächen genau parallel sind und die Schraube keinen todten Gang besitzt und mit der erforderlichen Genauigkeit geschnitten ist, auf $^5/_{100}$ *mm* genau, ja bei entsprechender Vergrösserung der Kreistheilung bis auf $^1/_{100}$ *mm* genau messen.

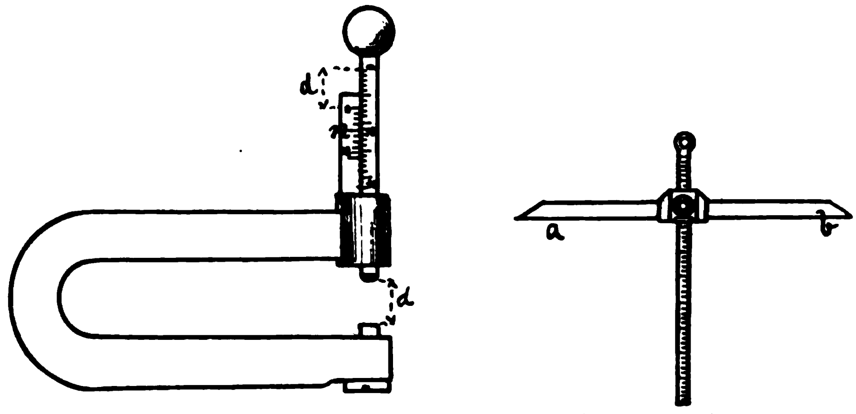


Fig. 113. Dickenmass. Fig. 114. Tiefenmass.

Um stets gleichförmigen Andruck zu erhalten, kann man auch nebenstehendes Messwerkzeug benützen. Bei demselben fällt (gleitet) ein cylindrisches mit Theilung versehenes Stäbchen durch die Röhre eines, der Schraublehre ähnlich gestalteten Bügels auf das zu messende Stück. Der Andruck ist durch das Gewicht des Stäbchens bedingt. Die Ablesung erfolgt mit Zuhilfenahme des Nonius, welcher auf dem Fortsatze des Rohres angebracht ist.

Zum Messen der Tiefen von Bohrungen u. dgl. benützt man die sogenannten Tiefenmasse, welche in ihrer einfachsten Form durch Fig. 114 gekennzeichnet sind. Da aber ein Aufliegen des geraden Querstückes nicht immer möglich ist, so formt man dasselbe verschieden, wie Fig. 115 zeigt, hierbei ist die Theilung entsprechend der Distanz x zu versetzen. Man kann auch für das genaue Messen geringer Tiefen das Tiefenmass ähnlich der Schraublehre einrichten (Fig. 116), und es gibt dann der Abstand der Kante des Rohres R_2 von dem hochliegenden Null-

punkt der Theilung die Entfernung der Spitze vom Lineal, somit die zu messende Tiefe an.

Ein diesem Instrument ähnliches, Stichmass genannt, wird zum Messen der Durchmesser von Cylinderhöhlungen benützt. Bei dem Stichmasse drehen sich zwei an den äusseren Enden mit Spitzen versehene Rohre ineinander. Man kann das Stichmass aus dem Tiefenmasse (Fig. 116) dadurch abgeleitet denken, dass man das Rohr R_1 über die Schraube hinaus verlängert und ebenso wie R_2 in eine abgerundete Spitze enden lässt. Um Innendurchmesser sehr verschiedener Grösse messen zu können, bedient man sich eines Satzes solcher Instrumente, oder man richtet das Instrument so ein, dass die maximale Entfernung der Messspitzen durch Einsatzstücke nach Bedarf vergrössert werden kann.

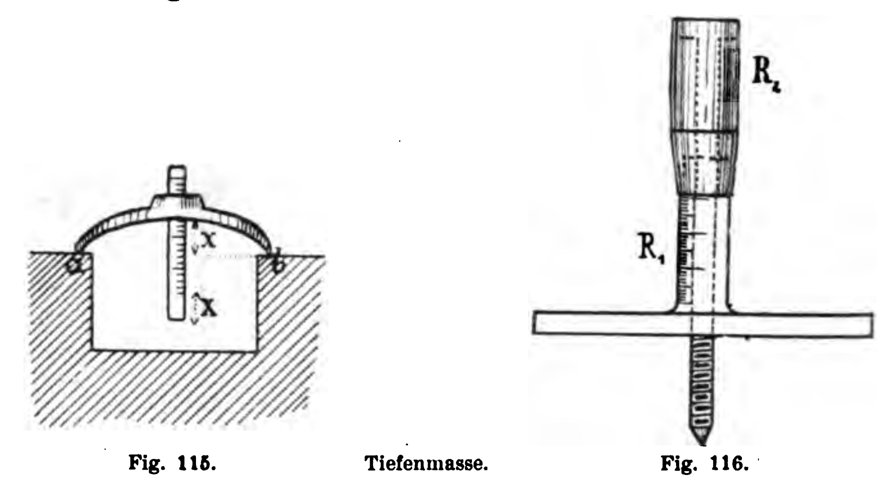


Fig. 115. Tiefenmasse. Fig. 116.

Von besonderer Wichtigkeit für den Werkstättendienst sind Richtschiene, Winkel und Richtplatte. Das Material dieser Vorrichtungen ist Stahl oder Gusseisen. Alle Kanten müssen bei Richtschiene und Winkel vollkommen geradlinig, die Flächen plan und unter rechten Winkeln gegeneinander stehen. Die vollkommen exacte Herstellung solcher Instrumente ist nur durch das sogenannte Schabverfahren möglich, obwohl auch genaue Schleifmaschinen Producte liefern können, welche für die meisten Bedürfnisse genügen. Bei der Durchführung des Schabverfahrens werden drei durch Hobeln und Schleifen thunlichst genau hergestellte gleiche Richtschienen in folgender Weise behandelt. Man bestreicht eine der drei Richtschienen *(B)* an einer Längsseite mit Engelroth (Röthel) und drückt sie gegen die zweite *(A)*. Die Uebertragung der Farbe zeigt jene Stellen an, welche sich unmittelbar berührten.

Man schabt nun mittelst eines **Schabers** so lange an den markierten Stellen der Schiene *A*, bis endlich unter Wiederholung des Verfahrens *A* an *B* genau angepasst ist. In gleicher Weise passt man die Richtschiene *C* an *B* an. Setzt man nun *A* auf *C* (Fig. 117), so erscheinen die Fehler verdoppelt. Durch Farbe werden die sich berührenden Höhen kenntlich; man beschabt nun die Höhen einer dieser Schienen, z. B. *A*, und vermindert dadurch die Fehler. Hierauf passt man wie früher *B* und *C* an die Schiene *A*. Nun bringt man *B* und *C* zusammen, markiert die sich berührenden Höhen in der bekannten Weise durch Einfärben der einen und Auflegen auf die zweite, beschabt die Höhen der Richtschiene *C* und passt *A* und *B* gegen *C*, prüft diese beiden gegeneinander und bekommt auf diesem Wege endlich drei Richtschienen, welche je eine genau ebene Fläche besitzen.

Ist durch diesen Vorgang eine Fläche der Richtschiene rectificiert, so wird unter Anwendung von Messwerkzeugen die gegenüber liegende richtig gestellt. Die auf der ersten Fläche senkrechten werden nach jener Methode richtig gestellt, mittelst welcher man Winkel rectificiert. Zur **Rectification der Winkel** bedient man sich einer genauen Richtschiene AA^1 (die obere Ebene muss genau sein), auf welche die zu prüfenden Winkel aufgesetzt werden können.

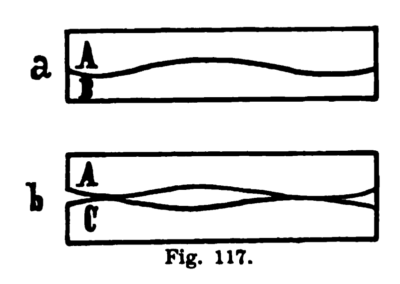


Fig. 117.

Vorerst werden die beiden Flächen *ab* und *a′b′* der Winkel *I* und *II* und eines dritten *III* nach dem Schabverfahren rectificiert, wobei nur **die Winkel** beschabt werden, hierauf wird die senkrechte Fläche *bc* des einen Winkels mit Röthel bestrichen, so dass die Erhöhungen sich auf *b′ c′* von *II* (und *b″ c″* von *III*) abfärben. Man passt nun *II* und *III* durch das Schaben an *I* an, setzt hierauf *II* und *III*, deren Fehler sich verdoppeln, auf, beschabt *III* und passt *I* und *II* an *III*, stellt dann *I* und *II* zusammen und geht so weiter nach bekannter Methode vor.

In ganz ähnlicher Weise, wie die Richtschienen, werden auch Richtplatten rectificiert.

Nach dieser Methode stellte zuerst die berühmte englische Firma **Withworth** Richtplatten von solcher Genauigkeit her, dass, zwei solche Platten mit ihren planen Flächen aufeinander gelegt, die obere auf der unteren, wegen der minimalen Luftschicht, die an den Flächen festgehalten wird, sich fast reibungslos verschieben lässt: „schwimmt".

Handelt es sich darum, die Neigung von Kanten oder ebenen Flächen gegen die Horizontale zu bestimmen, beziehungsweise selbe nach gegebenem Winkel einzustellen, so bedient man sich mit Vortheil einer Richtschiene mit drehbar eingesetzter Libelle (Fig. 118). Das Libellengehäuse bildet eine halbe Kreisscheibe, welche mit einer Kreistheilung versehen ist und sich in ihrem Sitze verdrehen lässt. Soll z. B. die Neigung der Linie *ab* gemessen werden, so setzt man die Richtschiene an, dreht die Libelle, bis die Luftblase einspielt und liest ab.

Ausser diesem Instrumente verwendet man bei Montierungen, d. i. beim Aufbaue der Maschinen aus ihren Theilen, noch ein Werkzeug, bei welchem in einen Anschlag eine Libelle, die für sich auch als Wasserwage in Verwendung kommen kann, conisch

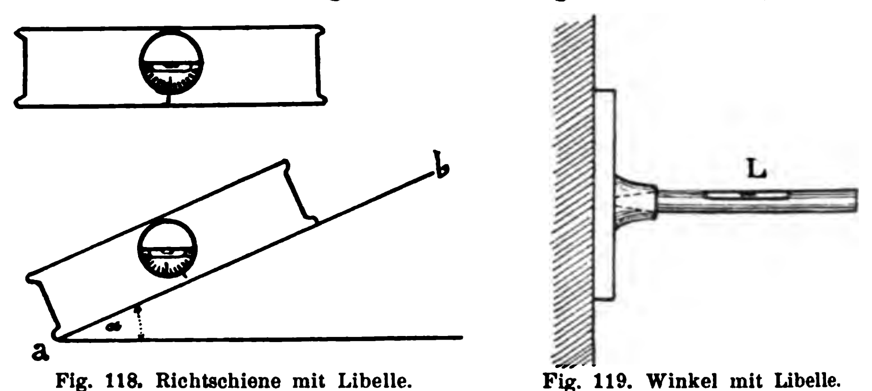


Fig. 118. Richtschiene mit Libelle. Fig. 119. Winkel mit Libelle.

eingesetzt ist. Bei Einspielung der Luftblase an der Marke steht der Anschlag vertical (Fig. 119).

Lehren.

Unter Lehren versteht man solche in Stahl ausgeführte Messwerkzeuge, an welchen bestimmte Längen durch Anarbeitung entsprechender Flächen gegeben sind. Lassen sich diese Längen nach Bedarf durch Verstellung eines Bestandstückes der Lehre abändern, dann heisst die Lehre verstellbare Lehre (Schieblehre, Schraublehre).

Die Messung beruht zumeist in dem Vergleiche der Abmessung des Werkstückes mit der an der Lehre fixierten Länge.

Eine der ältesten Lehren ist die Drahtlehre, eine Stahlscheibe, die am Umfange Einschnitte besitzt, welche gegen aussen convergieren, gegen innen kreisförmig erweitert sind (Fig. 120). Die Breite der Einschnitte ist entsprechend abgestuft. Der zu messende Draht wird vom Rande der Scheibe durch einen der Einschnitte

einzuführen gesucht und durch die Erweiterung ausgezogen. Jener Einschnitt, welcher den Draht eben noch passieren lässt, entspricht der Dicke des Drahtes und neben ihm ist in die Lehre eine Nummer oder die Masszahl geschlagen.

Eine andere Form einer Drahtlehre, beziehungsweise Blechlehre, zeigt Fig. 121, während Fig. 122 einen Drahtring (Messring) darstellt, deren viele mit verschiedener Spaltweite in Benützung stehen.

Die alten Drahtlehren hatten willkürliche Spaltweite und durch sie wurde der Draht nach Nummern bestimmt. Mechaniker Wilh. Kraft führte zuerst Lehren mit stufenweise steigender Millimetertheilung ein.

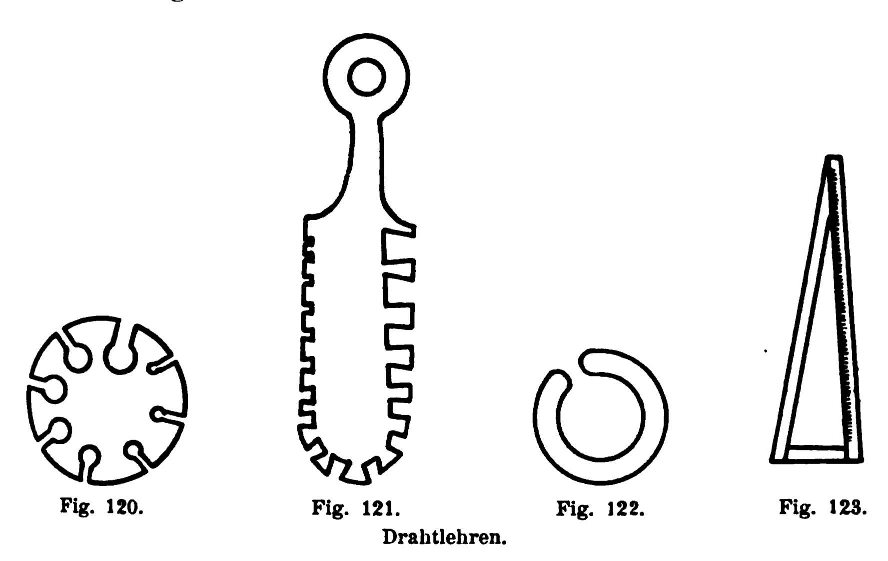


Fig. 120. Fig. 121. Fig. 122. Fig. 123.
Drahtlehren.

Für das Messen der Dicken der Stricknadeln bedient man sich auch aus Stahlblech hergestellter Lehren mit reihenweise gebohrten Löchern verschiedenen Durchmessers.

Zum Messen von Drähten bedient man sich zuweilen eines Instrumentes, welches aus zwei gegeneinander geneigten, mittelst eines Bügels fest verbundenen Linealen besteht (Fig. 123). Die Messung erfolgt durch Einschieben des Drahtes, bis derselbe zwischen den Linealen schwach geklemmt ist, und Ablesen an der Berührungsstelle.

Gleichwie zum Messen von Draht die Lehren äusserst bequem sind und einen hohen Genauigkeitsgrad liefern, so sind ähnliche, einfache Lehren auch im gewöhnlichen Werkstattbetriebe ausserordentlich empfehlenswerth. Dort, wo viele Stücke in genau gleichen Abmessungen anzufertigen sind, wie bei der Gewehrfabrication, dem Nähmaschinenbau, ist die Benützung gehärteter Stahllehren durch-

wegs in Uebung. Der Arbeiter misst mit Lehren, der Werkführer controliert mit Lehren und diese werden wieder durch Lehren überprüft.

In die Gruppe der Lehren gehören auch jene Messwerkzeuge für Zapfen und Spindeln einerseits, und Lager und Bohrungen andererseits, welche die Benennung Kaliber führen (Fig. 124). Das Vollkaliber, d. i. der mit einem Handgriff versehene Cylinder, hat um circa $^1/_{100}$ *mm* kleineren Durchmesser als das Hohlkaliber, damit die nach diesen Kalibern hergestellten Voll- und Hohlcylinder (Zapfen und Lager) ineinander gebracht werden können und etwas Raum für das Schmiermittel bleibt.

Jede Maschinenfabrik muss sich Sätze solcher Kaliber anschaffen, da nur durch deren Beihilfe genaue Lagerungen herstellbar sind.

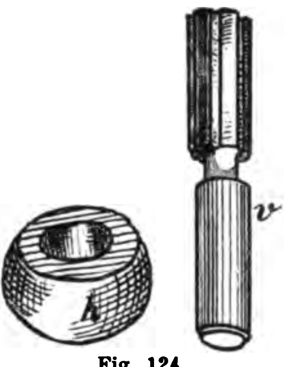


Fig. 124.
Hohl- und Vollkaliber.

Derlei Kaliber, welche aus gehärtetem Stahle bestehen sollen, erheischen besondere Vorrichtungen und Vorsichten bei ihrer Herstellung.

Da sich beim Härten Volumsänderungen einstellen, das gehärtete Stück bekanntlich grösser als das ungehärtete ist, so muss die genaue Formgebung nach dem Härten mittelst einer entsprechend eingerichteten, sehr exacten Schleifmaschine erfolgen. Beachtenswerth ist ferner der Umstand, dass gehärteter Stahl sein Volumen allmählich einige Monate nach dem Härten durch moleculare Verschiebungen in den in Spannungszuständen befindlichen Theilchen ändert. Genaue Kaliber müssen daher nach dem Härten zunächst nur einem annähernden Schleifen unterzogen werden, hierauf durch ein halbes bis ein Jahr abliegen und erst dann völlig fertiggestellt werden.*)

Als sehr beachtenswerthe Messwerkzeuge seien die Doppel- oder Zwieselkaliber hervorgehoben, welche in Fig. 125 charakterisiert sind. Die Differenz Δ beträgt die Summe der Abweichung nach oben und unten, welche das Werkstück von dem verlangten Masse haben darf; die sogenannte Toleranz. Soll das richtige Mass d_r sein, so ist d gleich d_r abzüglich des zulässigen Fehlers, $d + \Delta$ gleich d_r zuzüglich desselben.

*) Nachträgliche Volumänderung machte sich auch bei Glas bemerklich. Früher richtige Thermometer wurden unrichtig infolge Volumänderung des Glases, S. Zeitschrift des Vereines für Gewerbefleiss, Sitzungsbericht, 2. April 1894.

Ein herzustellender Zapfen muss mithin so weit bearbeitet werden, dass er in den oberen Raum der Gabel eingeführt werden kann, nicht aber in den unteren, und der grössere cylindrische Theil des Doppelkalibers darf in die hergestellte Bohrung nicht mehr eintreten können, während sich der kleinere Cylinder einführen lassen muss.

Zum Messen von Bohrungen werden auch solche Kaliber verwendet, welche aus einer grösseren Zahl cylindrischer Stücke von abnehmender Grösse bestehen.

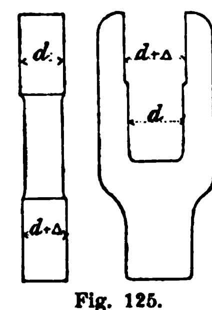


Fig. 125. Doppelkaliber.

Ein vielgebrauchtes Messwerkzeug ist die Schieb- oder Schublehre; dieselbe besteht aus einem meist mit Massstabtheilung versehenen Lineale *l*, mit welchem der Anschlag *a* fest verbunden ist, der zweite Anschlag *b* ist beweglich, d. h. auf dem Lineale verschiebbar und feststellbar. Bei feiner ausgeführten Schieblehren, wie eine solche in Fig. 126 dargestellt ist, befindet sich in der Hülse des Anschlages *b*

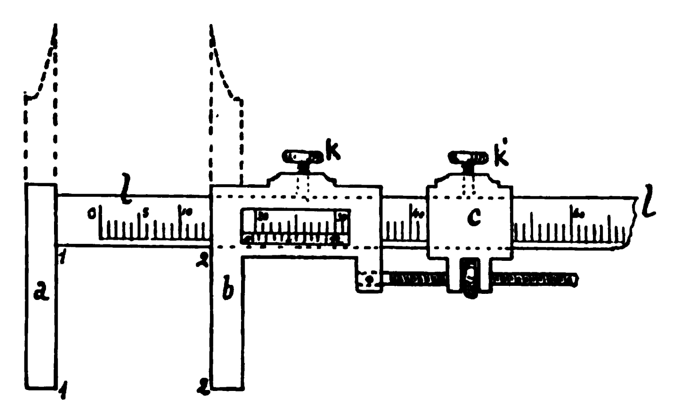


Fig. 126. Schieblehre.

ein rechteckiger Ausschnitt und an der unteren Seite desselben, auf der schräg gegen das Lineal verlaufenden Ebene ist ein Nonius *n* angebracht, dessen Benützung es ermöglicht, den Abstand der beiden Messflächen 1, 1, und 2, 2, auf $^1/_{10}$ *mm* genau abzulesen. Zudem ist auf das Lineal eine dritte Hülse *c* aufgeschoben, deren Zweck aus der Schilderung des Gebrauches erhellt.

Will man mit dieser Schieblehre messen, so lüftet man zunächst die beiden Klemmschrauben *k*, *k*[1] und macht hierdurch *b* und *c* auf *l* verschiebbar. Man schiebt von Hand aus *b* und *c* gegen den zu messen-

den Gegenstand, so dass die beiden Messflächen denselben nahezu berühren, stellt *c* durch k^1 fest und dreht hierauf die zwischen den Zinken von *c* gehaltene Schraubenmutter derart, dass der bewegliche Anschlag *b* durch die Schraube gegen das zu messende Stück geführt und dasselbe zwischen den Messflächen mässig geklemmt wird. Es erfolgt nun die Ablesung am Nonius.

Findet die Schieblehre zu dem Zwecke Anwendung, ein Arbeitsstück nach bestimmtem Masse herzustellen, so wird *b* auf dieses Mass zuerst von Hand aus, dann durch Benützung der Mutter genau eingestellt, *b* durch *k* festgestellt und die Lehre sodann wie eine gewöhnliche Lehre benützt.

Soll die Schieblehre auch dazu dienen, die gemessene Strecke auf eine Zeichnung zu übertragen, so gestaltet man die Anschläge, wie die Punktierung in Fig. 126 andeutet, in Spitzen aus, in welchem Falle der Spitzenabstand genau gleich dem Abstande der Messflächen sein muss.

Verwandt mit den Lehren sind die Schablonen. Es sind dies Stahlblätter, welche an ihrer Kante nach dem Profile des herzustellenden Stückes gestaltet sind. Die Schablonen werden zumeist als Hilfsmittel bei Anfertigung von Rotationskörpern angewendet.

Feinmessmaschinen.

Nicht nur die Fabrication der Schusswaffen erheischt eine so genaue Herstellung der Theile, dass jedes Bestandstück in jede Waffe gleicher Art ohne die geringste Nacharbeit eingesetzt werden kann; sondern dieses Erforderniss muss auch bei den Bestandstücken jener Maschinen erfüllt sein, welche der Massenfabrication unterliegen, z. B. den Nähmaschinen, Locomobilen u. a. m.

Diese Forderung ist nur durch genaue Lehren und Kaliber zu erfüllen und müssen diese Hilfsmittel bis zu einem hohen Genauigkeitsgrade hergestellt werden können. Aber auch beim gewöhnlichen Maschinenbau drängen die Schrauben zu genauem Messen, denn dieselben sollten nach gewissen Grössen- und Steigungsverhältnissen (Gewindsystemen) in den verschiedenen Maschinenfabriken so hergestellt werden können, dass Muttern und Schraubenbolzen derselben Nummer zu einander genau passen, gleichviel wo das eine und das andere Bestandstück hergestellt wurde.

Hier handelt es sich nicht bloss um hohe relative Genauigkeit, d. h. Uebereinstimmung mit einer local vorhandenen Lehre, sondern um die Einhaltung der genauen Beziehungen zur Masseinheit, dem Meter, beziehungsweise Millimeter; es handelt sich nicht nur um

den Vergleich von Werkstück und Lehre, sondern auch um die Anfertigung der Lehre mit genauer Beziehung auf die Masseinheit.

Die bisher besprochenen Messwerkzeuge, die Schieblehre und die Schraublehre gestatten die Messung nur bis auf $^1/_{10}$ *mm*, d. h. der Fehler kann nach oben und unten je $^5/_{100}$ *mm* betragen. Man kann wohl bei sehr vorsichtiger Handhabung und schätzungsweiser Ablesung am Nonius der Schieblehre oder an der Kreistheilung der Schraublehre noch Hundertel Millimeter schätzen und den Genauigkeitsgrad der Messung von $^1/_{10}$ *mm* auf $^5/_{100}$ *mm* steigern; aber damit ist die Grenze erreicht und dies genügt nicht.

J. Whitworth*) in Manchester war der erste, welcher genauere Werkstatt-Messmaschinen herstellte; ihm folgten J. E. Reinecker in Chemnitz, C. N. Richter in Wien und die amerikanischen Firmen Pratt & Whitney Co. in Hartford Con., Brown & Charpe

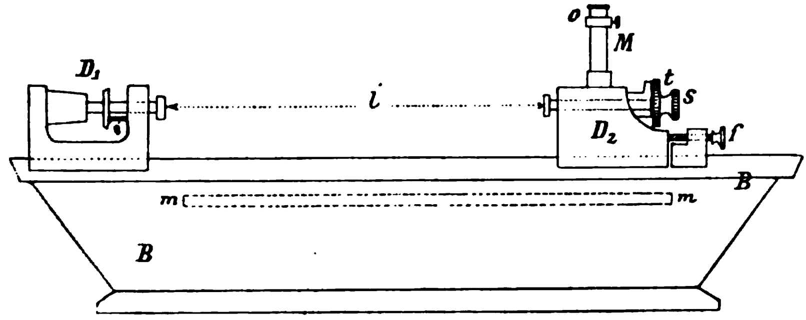


Fig. 127. Feinmessmaschine von Pratt & Whitney Co.

in Providence u. a. Insbesondere bildeten die Amerikaner, an ihrer Spitze Pratt & Whitney, deren Maschine angeblich Ablesungen bis auf $^1/_{1000}$ *mm* genau gestattet, die Feinmessmaschinen aus.

Die Maschine von Pratt & Whitney Co. (Fig. 127) trägt auf einem soliden Bette zwei Docken (Reitstock ähnlich) D_1 und D_2. Die Docke D_1 ist als festgestellt zu betrachten, die Docke D_2 ist durch eine feine und grobe Einstellung verschiebbar, erstere ist bei

*) Eine ausführliche Besprechung findet sich in Goodeve und Shelley: Die Messmaschine von Whitworth, deutsch von Schröter, Jena 1879. In dieser trefflichen Schrift ist auch die Anwendung des Schabverfahrens zuerst eingehend besprochen worden. Ueber die Bedeutung des Feinmessens für den Maschinenbau, sowie die Arbeiten der amerikanischen Ingenieure auf diesem Gebiete siehe die Abhandlungen von Prof. F. Reuleaux in den Verhandlungen des Vereines für Gewerbefleiss 1894, S. 142 und 188, und 1895, S. 11, Sitz.-Ber. S. auch Reiche, Maschinenfabrication, 2. Bd., S. 205.

f angedeutet, letztere erfolgt von Hand aus nach Lüftung der Klemmen, welche in der Figur weggelassen sind. Jede Docke trägt einen Bolzen mit stumpfer, planer, zur Ebene des Bettes genau senkrechter Endfläche.*) Beide polierten Endflächen sind so genau parallel, dass sie sich, wenn D_2 an D_1 geschoben wird, vollkommen berühren.

Zwischen diesen Endflächen, Messflächen (Pflöcken) wird der zu messende Körper gefasst, dessen Länge l indirect dadurch bestimmt wird, dass dieselbe zunächst in Vergleich gesetzt wird mit einem Massstabe *mm*, welcher gleichfalls horizontal, etwas tiefer am Bette angebracht ist und die zu messende Länge zuvörderst von 25 zu 25 *mm* angibt. Das restliche Mass wird durch Bethätigung der an der Docke D_2 angebrachten Mikrometerschraube s bestimmt.

Die Messung zerfällt demnach in zwei Theile und wird in folgender Weise durchgeführt.

Die Docke D_2 wird, nachdem die Messschraube und ihr Theilkopf t auf Null gestellt sind, an D_1 zuerst von Hand aus, hierauf mit Benützung von Schraube f so angeschoben, dass sich die Endflächen der Bolzen mit dem richtigen Drucke (s. später) berühren und dann das Fadenkreuz des Mikroskopes M durch Benützung des Ocularmikrometers o auf den Nullstrich der Massstabtheilung eingestellt.**) Hierauf wird D_2 um die beiläufige Länge (nach 25 *mm*) des zu messenden Stückes nach auswärts geschoben, bis das Fadenkreuz mit dem gewünschten Theilstrich stimmt und D_2 festgestellt; sodann wird das zu messende Stück auf geeigneten Unterlagen in die Höhe der Pflöcke gebracht und durch Bethätigung der Schraube s das zu Messende zwischen die Bolzen mit dem richtigen Drucke geklemmt. Worauf man die Stellung der Messschraube an einem besonderen in $^1/_2$ *mm* getheilten Massstabe und am Theilkopfe t abliest.

Da die Schraube $^1/_2$ *mm* Steigung hat und die daran befestigte Scheibe t in 500 Theile getheilt ist, so lassen sich $^1/_{1000}$ *mm* ablesen.

Um den richtigen, d. h. stets gleichen, mässigen Andruck zwischen den Messflächen einhalten zu können, ist der Bolzen der Docke D_1 durch eine Feder in die Normallage gedrückt, hierbei

---

*) Die Art der Herstellung dieser Flächen wird später im Abschnitte „Schleifen" besprochen werden.

**) Reicht das Okularmikrometer zu dieser Einstellung nicht aus, dann muss man entweder die Stellung der Docke D_1 rectificieren oder auf die Nullstellung der Schraube s verzichten und nach Zusammenfallen des Fadens des Okulares mit dem Nullstrich der Theilung den richtigen Ausdruck durch Bethätigung der Messschraube s erzielen und nachdem dies geschehen, die Stellung der Messschraube ablesen und später in Rechnung stellen.

ist ein kleines Cylinderchen (Indicatorkolben) *i*, Fig. 128, welches den Druck aufnimmt, in horizontaler Lage gehalten. Wird nun ein sanfter Druck gegen die Endfläche des Pflockes ausgeübt und die Feder minimal zusammengedrückt, so sinkt der kleine Indicatorkolben oder er fällt ab und zeigt hierdurch an, dass der richtige Druck oder ein etwas zu grosser Druck ausgeübt wurde.

Es ist mithin bei Pratt & Whitney's Messmaschine ebenso wie bei dem berühmten Vergleicher von Rogers-Bond, die Endmessung auf Linienmessung zurückgeführt.

Die Vorrichtung behufs Erzielung eines genau gleichen Andruckes ist überaus sinnreich. Auszusetzen dürften an dieser Fein-

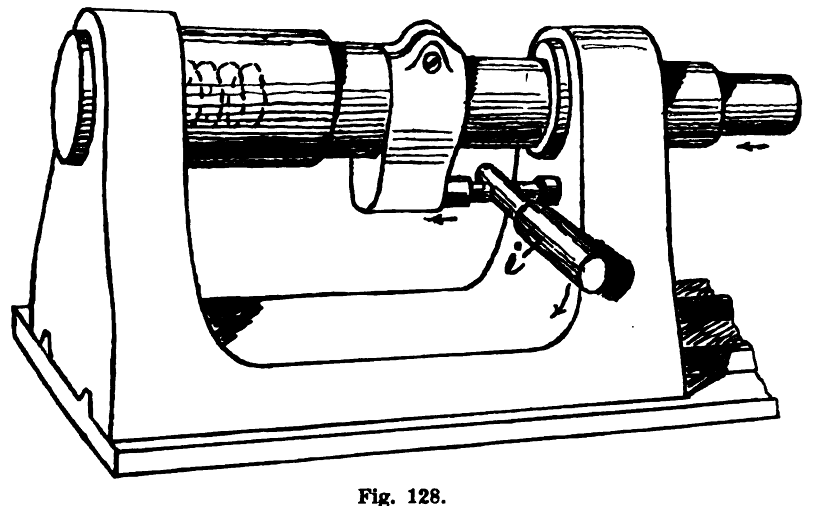


Fig. 128.

messmaschine, welche das technologische Cabinet besitzt, nur die unvollkommene feine Einstellung des Mikroskopes sein, zufolge welcher es schwer fällt, den überaus feinen Theilstrich des Massstabes deutlich zu sehen; und ferner der Umstand, dass die Höhe der Unterlagen den von Pratt & Whitney gebrauchten Lehrbolzen angepasst und unveränderlich ist, daher die centrische Einstellung anders dimensionierter Lehrbolzen mit den der Maschine beigegebenen Unterlagen nicht möglich ist. Als Normaltemperatur ist 62° F. oder 16·6° C. angegeben.

2. Mittel zum Festhalten der Arbeitsstücke.

Bei der Mehrzahl der Formänderungen eines Arbeitsstückes muss dasselbe festgestellt oder festgehalten werden, in vielen Fällen zu dem Zwecke, beide Hände des Arbeiters frei zu machen, oft aber auch deshalb, um durch festes Einspannen kräftiger einwirken zu können.

Die Mittel zum Festhalten sind nach Material und Gestalt der Arbeitsstücke sehr verschieden und es ist häufig, insbesondere bei Massenfabrication gerathen, für specielle Gegenstände auch besondere Einspannvorrichtungen anzufertigen.

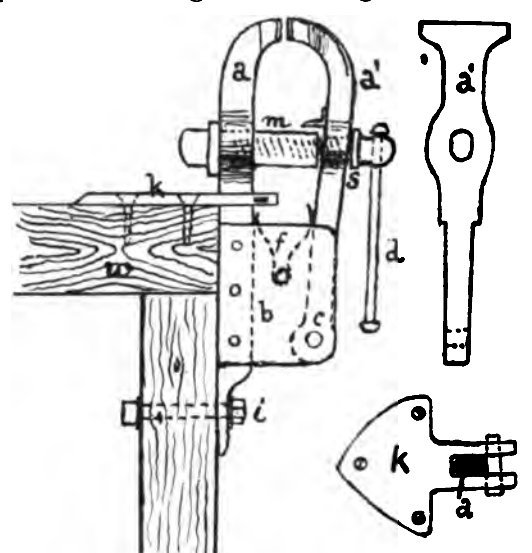


Fig. 129. Flaschenschraubstock.

In den Werkstätten der Metallarbeiter ist der Schraubstock, in den Werkstätten der Holzarbeiter die Hobelbank das am meisten gebrauchte Mittel zum Festhalten.

Die Schraubstöcke können nach Grösse und Gestalt sehr verschieden sein. Der Construction nach werden die sogenannten Flaschenschraubstöcke und die Parallelschraubstöcke unterschieden.

Bei den Flaschenschraubstöcken ist der bewegliche Backen um einen Bolzen (Achse) drehbar, bei den Parallelschraubstöcken parallel zu sich selbst verschiebbar. Die obenstehende Fig. 129 zeigt einen grösseren Flaschenschraubstock, welcher an der Werkbank *w* durch eine den festen Backen *a* umschliessende Schere (Klammer) *k* (auch für sich im Grundrisse dargestellt) und durch die Schraube *i*

wohl befestigt ist. Mit dem festen Backen sind zwei Bleche *b* durch Nietung verbunden, welche die sogenannte Flasche bilden. In derselben, d. h. zwischen *b*, ist die Drehachse *c* für den beweglichen Backen *a'* angebracht. In eine Erweiterung des festen Backens ist die Mutter *m* eingeschoben und durch Feder und Nuth an der Drehung verhindert. Die Schraube *s* lässt sich durch den sogenannten Schlüssel (Windeisen) *d* drehen. Findet die Drehung in der Uhrzeigerrichtung statt, so schraubt sich *s* in die Mutter *m* ein, der Kopf der Schraube drückt gegen *a'* und der Abstand — die Maulweite — der beiden Backen *aa'* vermindert sich. Bei der entgegengesetzten Drehungsrichtung des Schlüssels *d* schraubt sich *s* aus *m* und wird hierbei der bewegliche Backen durch die Feder *f* nach auswärts, d. h. gegen den Kopf der Schraube gedrückt.

Bei ganz geschlossenem Maule divergieren die Backenflächen, welche aus Stahl und mit feilenartigem Hiebe versehen sind, gegen unten. Bei einem mittleren Backenabstande stehen die Flächen des Maules zu einander parallel und bei grösserem Abstande divergieren sie gegen oben. Sollen daher prismatische Arbeitsstücke eingespannt werden, so wird je nach ihrer Dicke ein Eindrücken der oberen oder unteren Backenränder erfolgen. Diesen Uebelstand kann man durch Einlage von Bleibacken oder durch Spannbleche oder Spannhölzer minder nachtheilig machen.

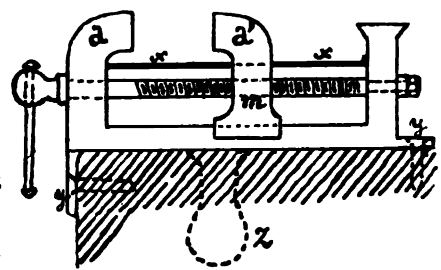


Fig. 130. Parallelschraubstock.

Die Parallelschraubstöcke gestatten durchwegs infolge der Parallelverschiebung des beweglichen Backens verticale Lage beider Maulflächen für beliebigen Backenabstand, daher richtige Einspannung der Arbeitsstücke.

Die meisten Parallelschraubstöcke besitzen eine horizontal gelagerte Bewegungsschraube und diese findet ihre Mutter in einem der Backen, welcher dann der bewegliche ist. Die Fig. 130 zeigt eine der vielen Anordnungen und bedarf dieselbe wohl nur dahin einer Bemerkung, dass *xx* ein Schutzblech bedeutet, welches die Schraube dachförmig (⌒) deckt und vor den Feilspänen schützt; dieses Schutzblech geht durch einen entsprechenden Schlitz des Backens *a'*, welcher dadurch nicht an seiner Beweglichkeit gehemmt wird.

Will man den Schraubstock nach verschiedenen Richtungen schräg stellen können, dann versieht man ihn nach unten zu mit einem Kugelzapfen *z* (s. Punktierung), welcher seinen Sitz in

einem gespaltenen anziehbaren Kugellager findet, das mit der Werkbank fest verbunden ist; in diesem Falle entfallen die Ansätze und Schrauben bei *yy* und ist der Raum, welcher in unserer Figur als Werkbank angenommen ist und schraffiert erscheint, frei, da die Werkbank sich dann in der Höhe des Kugellagers befindet.

Leichtere und schnellere Handhabung gestattet der Parallelschraubstock von Stephens. Bei zurückgeschlagenem Hebel *h*,

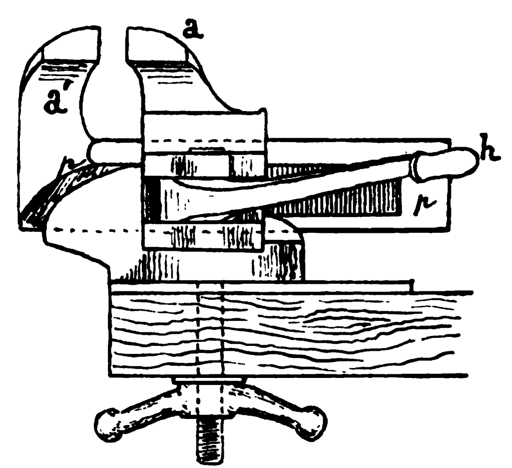


Fig. 131. Stephens-Schraubstock.

Fig. 131, kann der bewegliche Backen *a'* frei verschoben werden. Man schiebt ihn dicht an das Arbeitsstück und dreht hierauf den Hebel *h* gegen vor, wodurch festes und dauerndes Klemmen bewirkt wird. Die Einrichtung ist folgende. Das Prisma *p* des beweglichen Backens *a'* ist auf eine gewisse Länge mit feinen riffenartigen Zähnchen versehen, und in der Oeffnung des Gehäuses gut geführt, *a' p* kann von Hand aus verschoben werden,

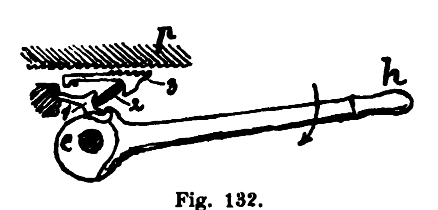


Fig. 132.

wenn bei zurückgeschlagenem Hebel *h* die entgegen gerichteten Zähnchen der Zunge 3, Fig. 132, mit jenen des Prismas ausser Eingriff stehen. Wird aber der Hebel in der Richtung des Pfeiles angezogen, so legt sich der excentrische Theil *e* des Hebels an das Gelenkstück 1, drückt dieses an das Kölbchen 2 und 2 gegen die kleine Schiebklaue 3. Da 1 in dem Gehäuse ein unverrückbares Widerlager findet, so wird die Bewegung mittelst der Schiebklaue 3 auf das Prisma *p* übertragen, dasselbe wird, nach erfolgtem Eingriff der Verzahnungen von 3 und *p* ein kleines Stück nach rechts

vorgeschoben, daher der Backen a' gegen das Werkstück gepresst. Bei der in Fig. 132 gezeichneten Lage des Hebels h ist die Schiebklaue 3 durch die Wirkung einer kleinen Feder ausgelöst.

Der Druck, mit welchem das Einspannen erfolgt, ist wegen der grossen Uebersetzung bedeutend. Beim Lösen wird der Hebel h zurückgeschlagen, die hakenförmige Nase an h zieht das Gelenkstück 1 zurück, während eine Feder auf 3 wirkt und dasselbe in die gezeichnete Lage bringt.

Durch Aufsetzen des in Fig. 133 gezeichneten Hilfsstückes R wird der Stephens-Schraubstock zum *Klemmen keilförmiger* Stücke eingerichtet. R sitzt als Sattel auf dem Prisma p, ist durch eine Schraube feststellbar und legt sich mit der bearbeiteten hin-

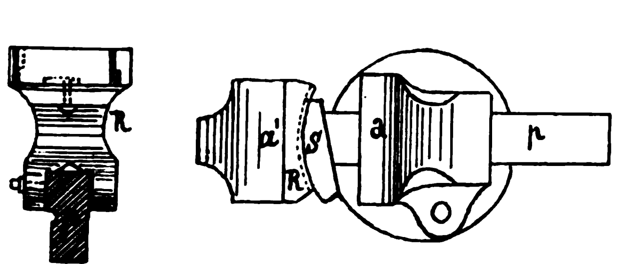


Fig. 133. Einspann-Vorrichtung für Keile.

Fig. 134. Gewöhnlicher Feilkloben.

teren Fläche an das Maul des Backens a' an. Auf der vorderen Seite ist durch Feder und Nuth das Segment S in kreisförmiger Bahn beweglich mit R verbunden und stellt sich beim Einspannen eines Keiles von selbst durch den Anzug desselben ein. Ein Schräubchen sichert den Backen S gegen Ausfallen aus R.

Die *Feilkloben* können als kleine, in der Hand zu haltende Schraubstöcke aufgefasst werden. Es genügt einige Figuren beizufügen, da dieselben kaum einer Erklärung bedürfen.

Vortheilhaft ist auch hier die Anwendung der Parallelbewegung und man hat daher auch *Parallelfeilkloben* hergestellt. Je nach den Backen unterscheidet man *breitmaulige* und *spitzmaulige* Feilkloben. Sehr kleine Feilkloben versieht man behufs besseren Haltens mit einem Stiele und nennt sie dann *Stielklöbchen*.

Damit Draht besser, d. h. nicht schief zur Achse des Feilklobens gefasst werden kann, construierte man Feilkloben mit achsialer Bohrung, Fig. 135. Die Achse des Arbeitsstückes fällt hier mit jener des Werkzeuges zusammen, was beim „Rundfeilen" (s. unten) erwünscht ist. Das Oeffnen der Backen besorgen kleine Federn, das Schliessen derselben erfolgt durch den Kegel, welcher mit dem drehbaren Hefte ein Stück bildet. Dreht man den Griff, so schraubt sich derselbe an der durchbohrten Schraubenspindel aufwärts und bewirkt den Schluss der Backen.

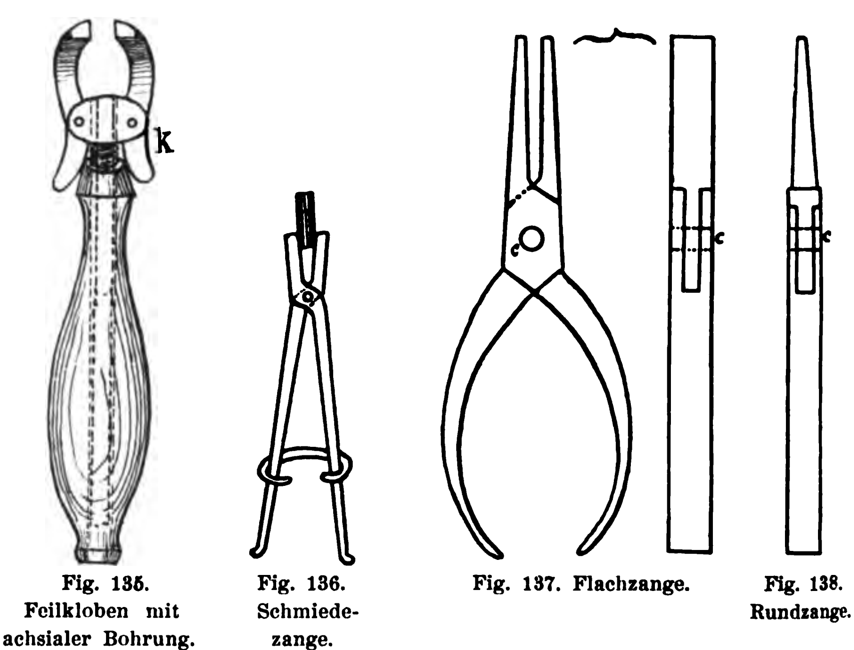


Fig. 135. Feilkloben mit achsialer Bohrung. Fig. 136. Schmiedezange. Fig. 137. Flachzange. Fig. 138. Rundzange.

Unter **Rundfeilen** versteht man jene Feilarbeit, bei welcher das Arbeitsstück während des Feilens um seine Achse gedreht wird. Die Drehung besorgt die linke Hand, während die rechte die Feile bewegt. Das Arbeitsstück ist hierbei gewöhnlich im Feilkloben gefasst und das vorstehende Ende findet seine Lagerung im **Feilholze**, welches im Schraubstocke eingespannt ist; das Feilholz ist zur besseren Lagerung des Arbeitsstückes mit einer eingefeilten Rinne versehen.

Für das schräge Abfeilen der Ränder von Reifen und anderer Arbeitsstücke spannt man in den Schraubstock den **Reifkloben**, eine Kluppe mit derart geneigten Backen, dass das mittelst des Reifklobens gehaltene Arbeitsstück bei horizontaler Bewegung der Feile eine schräg zur Hauptfläche liegende Facette erhält.

Die Schiebezangen und Schiebepincetten werden durch Verschieben eines Ringes zum Schlusse gebracht, wie dies ähnlich bei den gewöhnlichen Schmiedezangen der Fall ist. (Fig. 136.)

Zu den Zangen gehören ferner die zum Festhalten und zum Biegen benützten Flachzangen und Rundzangen. (Fig. 137 u. 138.)

Bei der Herstellung solcher Zangen muss der äussere Theil des Scharniers etwas aufgeweitet werden, um den zweiten Zangentheil durchstecken zu können. Ist dies geschehen, so wird das Scharnier geschlossen, gebohrt und die Niete (Bolzen) eingesetzt.

In den einzelnen Werkstätten muss man zum Festhalten für die in ihren Abmessungen sehr verschiedenen Arbeitsstücke einen

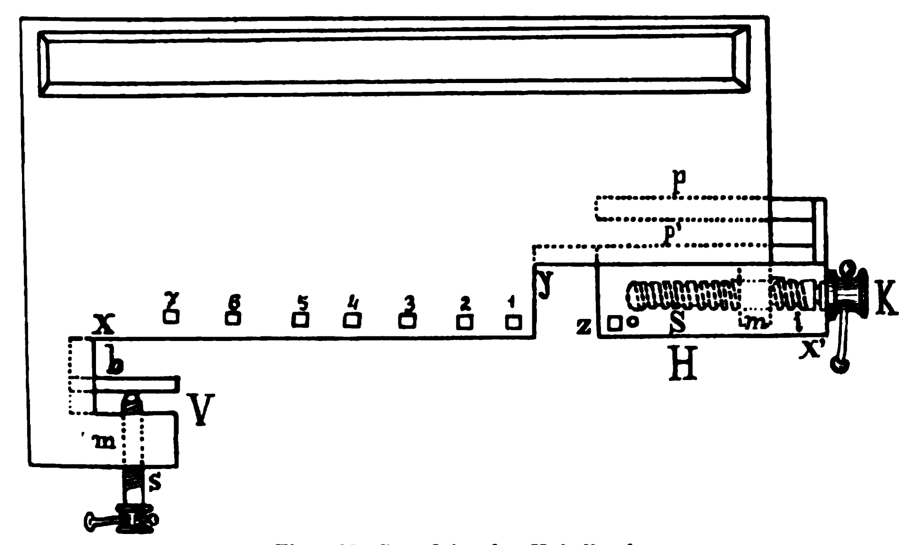


Fig. 139. Grundriss der Hobelbank.

grösseren Satz entsprechend verschieden dimensionierter Mittel zum Festhalten besitzen.

Die Hobelbank ist dem Holzarbeiter ebenso unentbehrlich wie der Schraubstock dem Metallarbeiter. Sie gestattet das Festhalten sehr verschieden gestalteter Arbeitsstücke und ist zugleich Mittel zum Festhalten und Werkbank. Die Hobelbank besteht aus einer auf kräftigem Gestelle getragenen massiven Platte, welche im Grundrisse durch die beistehende Fig. 139 dargestellt ist. Die Klemmvorrichtung *V* heisst Vorderzange und jene *H* Hinterzange.

Ist ein längeres Brett auf seiner schmalen Kante zu bearbeiten, so wird dasselbe längs der Vorderfläche *xx'* der Bankplatte und der Hinterfläche des Brettchens *b* der Vorderzange eingepresst, andererseits von dem Stehknecht, Fig. 140, unterstützt, dessen Klötzchen *k* an

der Säule *S* nach Bedarf eingestellt wird, so dass das Brett mit seinen Schmalflächen horizontal liegt und oben leicht behobelt werden kann. Die **Hinterzange** ist ein hölzerner Parallelschraubstock, doch ist es nicht nur möglich, Arbeitsstücke zwischen den Flächen *y* und *z* einzuspannen, sondern man kann durch Zuhilfenahme der in die viereckigen Stützenlöcher einzusetzenden **Bankeisen** auch grössere plane Stücke feststellen. Die Einrichtung der Hinterzange erhellt durch Vergleich der Fig. 139 und 141. Die Schraube *S* findet in *m* ihre Mutter und ist auf Drehung mittelst des sogenannten „**eingedrehten Halses**" *i* mit dem Schuber *H* verbunden. Die Längsbewegung, welche die Schraube macht, muss der Theil *H* mitmachen, weil durch einen Schlitz desselben ein Blätt-

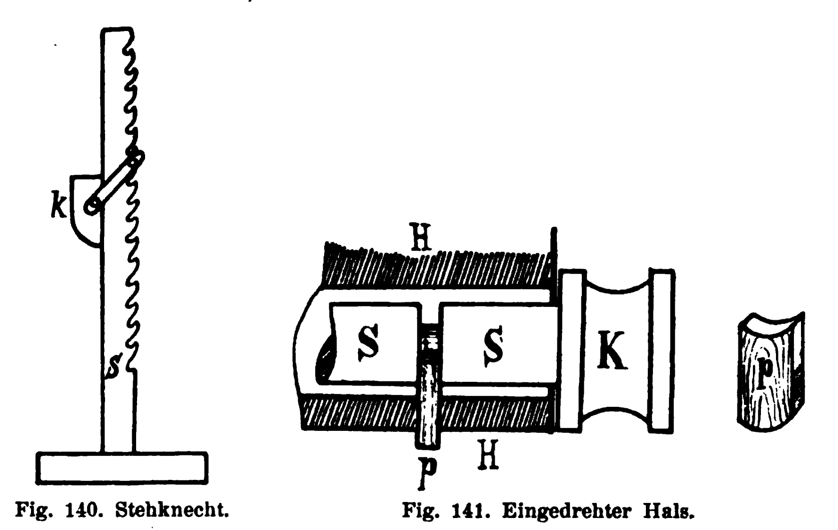


Fig. 140. Stehknecht.

Fig. 141. Eingedrehter Hals.

chen *p* in den eingedrehten Hals hineinreicht, wie Fig. 141 deutlich erkennen lässt, welche einen Verticalschnitt der betreffenden Theile darstellt.

Die **Bankeisen** sind kräftige viereckige Eisen mit seitlich angebrachter Blattfeder, welche den Zweck hat, ein festes Sitzen des Eisens im Stützenloch zu bewirken, beziehungsweise ein Durchfallen zu verhindern. Will man von den Bankeisen Gebrauch machen, so kommt eines in das Loch *o* der Hinterzange, ein zweites in eines der Stützenlöcher 1 oder 2 . . . . oder 7 der Bankplatte; die Köpfe der beiden Bankeisen ragen über die Ebene der Bankplatte vor und spannt man zwischen dieselben durch entsprechenden Gebrauch der Hinterzange das Arbeitsstück fest. Die Bankeisen müssen tiefer als die zu behobelnde Fläche des Arbeitsstückes stehen, damit der Hobel nicht dagegen stösst.

Ausser der Vorderzange und der Hinterzange wird in manchen Werkstätten noch ein federnder Haken (⌐) zum Festhalten verwendet, indem er in vorhandene Löcher der Bankplatte eingetrieben, mit seinem Lappen das Arbeitsstück hält.

Zum Festhalten längerer Bretter, welche an der schmalen Kante behobelt werden sollen, benützt man auch die **Fugebänke**.

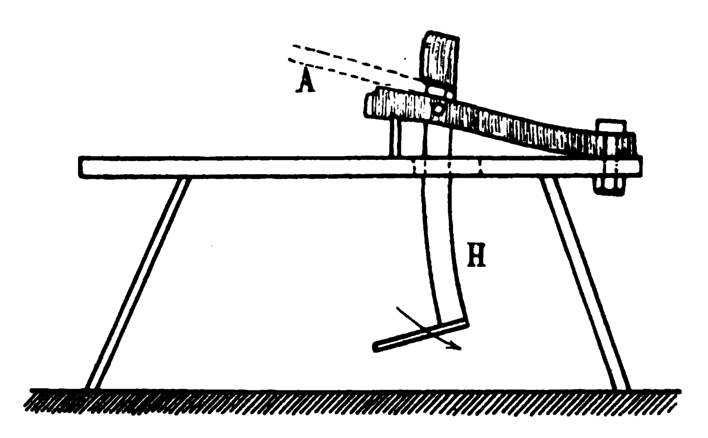


Fig. 142. Schnitzbank oder Hanslbank.

Zwischen zwei verticalen Stützen welche durch Querholz und Fuss verbunden sind, befestigt man das hochkantig eingestellte Brett an beiden Enden entweder durch Keile oder durch eine Schraube.

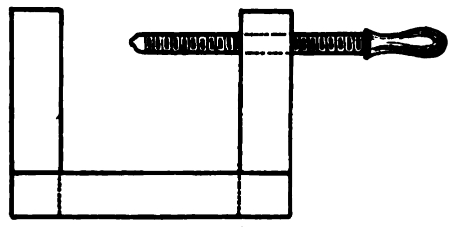


Fig. 143. Leimzwinge.

Man benützt natürlich zwei Fugebänke und steift dieselben noch weiter gegenseitig durch ein Brett ab, welches mit Keilen angezogen wird.

Für das Rundschneiden von Werkzeugstielen u. dgl. findet die **Schnitzbank** als Mittel zum Festhalten Verwendung. (Fig. 142.)

Ein auf vier Füssen gestütztes Brett, das zu einem Reitsitz ausgeschnitten ist, trägt den Hebel *H*, welcher, mit dem Fusse gegen das Arbeitsstück *A* gedrückt, dasselbe festhält, während es mit dem Reifmesser bearbeitet wird.

Zum Festklemmen geleimter Verbindungen bedient man sich der **Leimzwingen** und des **Schraubknechtes**. (Fig. 143 und 144.)

Um das beim Einspannen vieler verschieden dicker Gegenstände sehr zeitraubende Anziehen der Schraube zu ersparen, haben die Amerikaner eine Leimzwinge construiert, bei welcher die eigentliche Schraubenbewegung nur zum festen Anziehen gebraucht wird, während die grobe Einstellung durch Anschieben erfolgt. Fig. 145 zeigt die **amerikanische Leimzwinge** im Bilde und neben-



Fig. 144. Schraubknecht.

stehend ist der Schnitt durch das Stängelchen *mn* und durch die kurze hohle Schraube *S* dargestellt. Die Stange *mn* kann in *S* verschoben werden, bis das Arbeitsstück leicht berührt (gefasst) ist; erfolgt nun die Drehung von *mn*, so treten die gezahnten Rippen in Eingriff mit entsprechenden Einschnitten in der Schraube *S*, diese

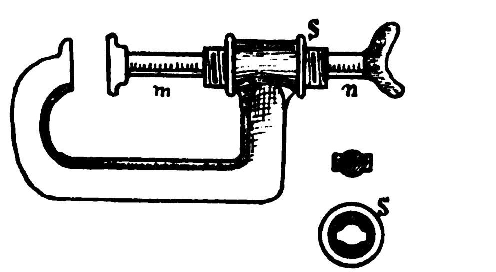


Fig. 145. Amerikanische Leimzwinge.

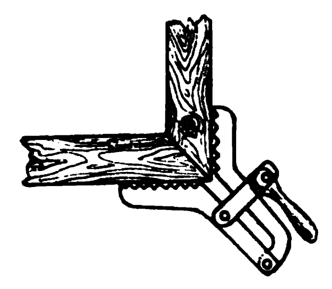


Fig. 146. Gehrungszwinge.

ist nun mit *mn* gleichsam ein Stück und beide bewegen sich je nach der Drehungsrichtung zum oder vom Werkstück.

Die Einspannung erfolgt sehr rasch und kräftig und ist dieses Werkzeug als sehr praktisch zu bezeichnen.

Die **Gehrungszwinge** (Fig. 146) wird zum Zusammenpressen geleimter Ecken, welche in Gehrung (45°) geschnitten sind, verwendet. Dieses Werkzeug, sowie die amerikanische Leimzwinge, besteht aus Weichguss (schmiedbarem Eisenguss).

3. Von den Mitteln zur Erwärmung.

Als Einleitung dieses Abschnittes, in welchem eine grosse Anzahl von solchen Oefen und technischen Feuerungsanlagen ihre Erwähnung finden, bei denen abweichend von den Kesselfeuerungen und Feuerungsanlagen im Haushalte zumeist vor allem die Erzielung einer möglichst hohen Temperatur angestrebt wird, seien einige theoretische Beziehungen in Kürze in Erinnerung gebracht.

Unter Calorie oder Wärmeeinheit versteht man jene Wärmemenge, die erforderlich ist, um die Temperatur von 1 *kg* Wasser um 1° C. zu erhöhen. Das Verhältniss jener Wärmemenge, welche der Gewichtseinheit einer anderen Substanz zugeführt werden muss, um deren Temperatur um 1° C. zu erhöhen, zur Wärmeeinheit, nennt man Wärmecapacität oder specifische Wärme dieses Körpers.

Wenn man eine gewisse Anzahl von Körpern, seien sie fest, flüssig oder gasförmig, von derselben Anfangstemperatur zu derselben höheren Endtemperatur erwärmt, so kann man die aufgewendete, beziehungsweise zur Erhitzung verbrauchte Wärmemenge finden, indem man die Summe der Producte aus den Gewichten (G) der Substanzen und ihrer Capacitäten (c) mit der Masszahl der Temperaturerhöhung multipliciert.

Es schreibt sich also:

$$W = (G_1 c_1 + G_2 c_2 + \ldots G_n c_n)\ (t_x - t_1) \quad \text{oder} \quad W = (t_x - t_1)\ \Sigma G c,$$

wobei für alle Körper sowohl die Anfangs- als Endtemperatur (t_1 respective t_x) als übereinstimmend angenommen ist. Bei einer in einem Ofen praktisch durchgeführten Verbrennung werden sich in dem Raume Verbrennungsgase bilden und eine Temperatur annehmen, die von der des Ofens im allgemeinen verschieden ist. Die Temperatur des Ofens (Wandungen) lässt sich direct nicht ermitteln, ist auch, selbst im Beharrungszustande der Feuerung, in den einzelnen Schichten der Wandungen verschieden. Um aber dennoch rechnen zu können, nimmt man — vom Wandungsmaterial absehend — an, dass die infolge der Verbrennung entwickelte Wärme vollkommen in die Gase übergeht und keine anderweitige Ableitung stattfindet. Untersucht man die Verbrennungsgase auf dem Wege der Analyse, so erhält man das Mengenverhältniss der einzelnen Bestandtheile (CO, CO_2, H_2O, N etc.). Kennt man die diesen einzelnen Substanzen zukommenden specifischen Wärmen oder Capacitäten, so lässt sich W nach der Formel $W = (t_x - t_1)\ \Sigma G c$ berechnen.

Denken wir uns in dieser Gleichung W gegeben — W ist in diesem Falle auch der Heizwerth des Brennmaterials, d. h. jene

Wärmemenge, welche das Brennmaterial bei seiner Verbrennung liefert — und sei auch die Summe Gc und t_1 bekannt, so ist t_x durch die Gleichung $t_x = \frac{W}{\Sigma G c} + t_1$ bestimmt.

Auf diesem Wege wird t_x als ein Grenzwerth jedenfalls zu gross gefunden. Diese Rechnung liefert eine theoretische Verbrennungstemperatur, welche thatsächlich nie erreicht wird, weil auch das Ofenmaterial Wärme aufnimmt und transmittiert, aber sie gestattet doch, wie wir sehen werden, werthvolle Schlüsse.

Heizwerthe		Specifische Wärme	
Bei der Verbrennung von 1 *kg*			
C zu CO_2	8080 Calorien	C	0·22
C „ CO	2473 „	H	3·409
CO „ CO_2	2403 „	H_2O (Dampf)	0·4805
H „ H_2O	34462 „	H_2O (Wasser)	1·0000
H „ Wasserdampf	29161 „	CO_2	0·2169
Si „ SiO_2	7830 „	CO	0·245
P „ P_2O_5	5760 „	O	0·2175
Fe „ FeO	1352 „	N	0·2438
Mn „ MnO	2000 „	Luft	0·2375
Fe „ Fe_2O_3	1796 „		

Die obenstehende Tabelle enthält die Heizwerthe und die specifischen Wärmen mehrerer sehr oft in Frage kommender Materialien. Da sich die specifischen Wärmen von CO_2, CO, N, O und atmosphärischer Luft wenig unterscheiden, kann man die früher angeführte Formel praktischer gestalten, indem man die specifische Wärme der Luft als mittleren Werth in die Rechnung stellt und die Grösse t_1, die gewöhnlich bei 20° C. liegt, vernachlässigt. Es schreibt sich dann die Formel: $t_x = \frac{W}{0·237\, \Sigma G}$.

Diese Formel zeigt, da W für ein bestimmtes Brennmaterial bekannt, und daher als constante Grösse zu betrachten ist, dass die Grösse t_x von ΣG abhängt. ΣG, die Summe der Verbrennungsgase, wird um so grösser, je reichlicher der Luftzutritt war. Der Zusammenhang zwischen der Verbrennungstemperatur t_x und der zugeführten Luftmenge ist in folgender Fig. 147 für die Verbrennung von 1 *kg* Kohle mit verschiedenen Luftmengen graphisch nach Arzberger dargestellt.

Die Abscissen bedeuten die Luftmengen, die Ordinaten, die theoretischen Verbrennungstemperaturen $t_x = \frac{W}{0·237\, \Sigma G}$. Die Luft-

mengen sind in Procenten der zur vollkommenen Verbrennung theoretisch erforderlichen Luftmenge (diese gleich 100%) ausgedrückt. Um die Figur auf kleineren Raum zu bringen, ist dieselbe abgebrochen dargestellt, beziehungsweise es sind die Ordinaten zwischen 0 und 1000^0 nicht in der vollen Länge gezeichnet, desgleichen die Abscissen von 0 bis 50% Luftmenge ebenfalls verkürzt. Der erste Theil der Curve, von *a* bis *m*, zeigt das Anwachsen der Verbrennungstemperatur, bei der Verbrennung der Kohle nur zu Kohlenoxydgas (Punkt *a*), theilweise zu Kohlenoxydgas, theilweise zu Kohlensäure und endlich vollkommen zu Kohlensäure (Punkt *m*), mit der theoretisch als Minimum erforderlichen Luftmenge; der

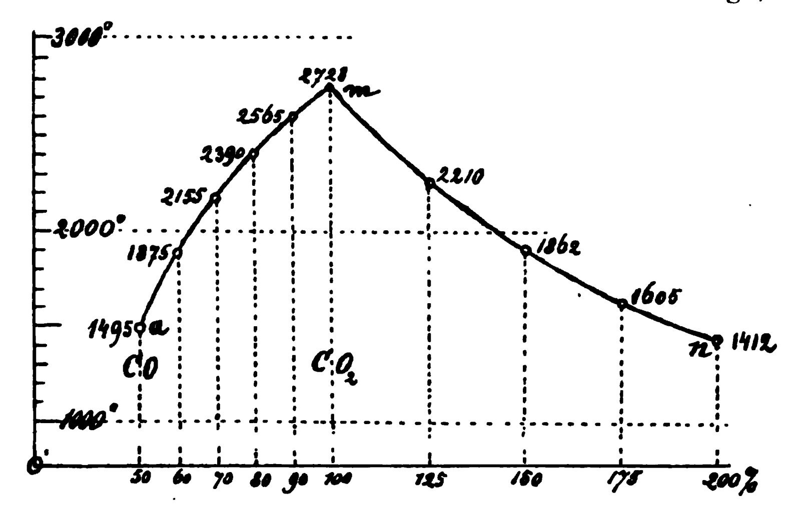


Fig. 147. Graphische Darstellung der Beziehung zwischen Luftmenge und Verbrennungstemperatur bei Verbrennung von Kohlenstoff.

zweite Theil von *m* bis *n* stellt den ferneren Verlauf dar, bei welchem die Verbrennungstemperaturen für die Verbrennung zu Kohlensäure (CO_2) mit einem stetig wachsenden Luftüberschusse angegeben sind. Mit dieser Darstellung ist der wirkliche Vorgang nicht nothwendig übereinstimmend. Es findet die Verbrennung nicht immer so statt, wie sie nach der Menge des mit der Luft zugeführten Sauerstoffes erfolgen könnte; denn es gelangt durchaus nicht immer der ganze in der zugeführten Luft enthaltene Sauerstoff zur Wirkung.

Wenn wir z. B. 1 *kg* Kohlenoxydgas (CO) mit so viel atmosphärischer Luft gemengt, als zur vollständigen Verbrennung zu CO_2 hinreichen würde, zur Verbrennung bringen, so kann es doch thatsächlich geschehen, dass nur $^1/_3$ oder $^1/_2$ der CO-Menge wirklich

zu CO_2 verbrennt. Die entwickelte Wärmemenge W ist dann nur $^1/_3$ oder $^1/_2$ der möglichen, und die Verbrennungstemperatur $t_x = \frac{W}{0{\cdot}273\, \Sigma G}$ wird dann auch nur $^1/_3$ oder $^1/_2$ des rechnungsmässigen Werthes betragen.

Aber die graphische Darstellung zeigt uns doch, dass wir höhere Verbrennungstemperaturen selbst bei unvollkommener Verbrennung leichter erlangen, wenn wir mit geringen Luftmengen die Verbrennung durchführen.

Bringt man Leuchtgas in dem bekannten Bunsenbrenner, bei welchem sich der Luftzutritt leicht regeln lässt, zur Verbrennung, so zeigt die Erfahrung, dass man eine höhere Flammentemperatur dann erhält, wenn die Flamme schwach leuchtende Säume aufweist. In diesem Falle ist, wegen der geringeren Luftmenge, die Verbrennung nicht so vollkommen, als wenn die Flamme schwach bläulich erscheint, aber die ΣG ist kleiner, daher trotz der etwas geringeren Wärmeentwickelung W_1 doch $t_x = \frac{W_1}{0{\cdot}237\, \Sigma G}$ grösser.

Im Perrot'schen Gasofen bringt man Kupfer, Silber, Gold nur dann zum Schmelzen, wenn dieser Umstand, welcher in Fig. 147 seine bildliche Darstellung fand, berücksichtigt wird.

Die vorhin hervorgehobene Thatsache, dass brennbare Gase, mit Sauerstoff oder Luft gemengt, nicht nach Massgabe der chemischen Möglichkeit verbrennen, sondern dass wirklich nur eine theilweise Verbrennung erzielt wird, bezeichnet man mit dem Worte Dissociation. Sie ist die Hauptursache, dass man stets weit niedrigere Verbrennungstemperaturen erhält, als die rechnungsmässig möglichen. Die diesbezüglich vorliegenden Versuche, welche mit Wasserstoff, Kohlenoxyd und Sauerstoff durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass man etwa $^1/_3$ der brennbaren Substanzen wirklich verbrennt. Würde man Wasserstoff mit Sauerstoff so zur Verbrennung bringen können, dass die ganze Quantität Wasserstoff mit der zur Verbrennung genau hinreichenden Menge Sauerstoff wirklich in Verbindung tritt, so ergäbe dies nach der Rechnung eine Verbrennungstemperatur von über 8000°.

Wir wollen nun von der vorstehenden Tabelle der Heizwerthe (Wärmeeffecte) und der specifischen Wärmen einige Anwendungen machen.

Verbrennen wir in einem Generator Kohle zu Kohlenoxydgas, so werden pro 1 *kg* Kohle 2473 W. E. entwickelt. Diese Wärme geht grösstentheils verloren, zumal bei langer Gasleitung, in welcher sich die Gase abkühlen. Aus 1 *kg* C werden $2^1/_3$ *kg* CO gebildet.

1 *kg* CO liefert zu Kohlensäure verbrannt 2403 W. E., demnach $2^1/_3$ *kg*, die Wärmemenge von $2^1/_3 \times 2403$, d. i. 5607. Wir sind mithin in der Lage, bei der Anwendung von Generatoren, bei welchen die Verbrennung auf Kohlenoxydgas geführt ist, pro 1 *kg* verbrannten Kohlenstoffes 5607 W. E. dann nutzbar zu machen, wenn das Kohlenoxydgas vollkommen im Ofen zu CO_2 verbrennt. Die höchste (theoretisch erzielbare) Verbrennungstemperatur wird sein

$$t_x = \frac{5607}{0 \cdot 237\,(1 + 2 \cdot \dot{6} + 8 \cdot 76)} = \frac{5607}{2 \cdot 94} = 1907,$$

denn ΣG setzt sich zusammen aus der gebildeten Kohlensäure $(1 + 2 \cdot \dot{6})$ und dem Stickstoffe der Verbrennungsluft $2 \cdot \dot{6} \,.\, \frac{766}{233} = 8 \cdot 76$. (Atmosphärische Luft besteht aus 766 Gewichtstheilen Stickstoff und 233 Theilen Sauerstoff.)*) Infolge der Dissociation erhält man aber nie die hohe Verbrennungstemperatur von 1900° C. unmittelbar. Durch die bedeutende Vorerhitzung von Kohlenoxyd und Luft in Siemens-Regenerator (s. S. 105) wird es jedoch möglich, so hohe Temperaturen zu erhalten, denn der Summand t_o in der Gleichung $t_x = t_o + \frac{W}{\Sigma G c}$ erhält einen solchen Werth, dass die gewünschte, für das Stahl- und Glasschmelzen erforderliche Temperatur erzielt wird.

Ein anderes Beispiel ist folgendes:

---

*) 1 *kg* Kohlenstoff wurde zu Kohlenoxydgas, hierauf zu Kohlensäure verbrannt. In Bezug auf die im Minimum erforderliche Gesammtluftmenge kann man den Process schrittweise oder nur in Hinblick auf das Endergebniss betrachten, am Resultate ändert dies nichts.

Die Atomgewichte für C, 12 und für O, 16 geben das Gewichtsverhältniss des erforderlichen Sauerstoffes für 1 *kg* Kohle zu CO verbrannt mit $\frac{16}{12} = 1 \cdot \dot{3}$; zu CO_2 verbrannt zu $\frac{32}{12} = 2 \cdot \dot{6}$. Die auf ein Gewichtstheil Sauerstoff in der Atmosphäre enthaltene Stickstoffmenge beträgt $\frac{766}{233}$ Gewichtstheile.

1 *kg* C im Minimum von Luft zu CO verbrannt, liefert $1 + 1 \cdot \dot{3} + 1 \cdot \dot{3}\frac{766}{233}$ *kg* Verbrennungsgase; diese Gase weiter verbrannt zu CO_2, liefern $1 + 1 \cdot \dot{3} + 1 \cdot \dot{3} + 2 \times 1 \cdot \dot{3}\,\frac{766}{233}$ *kg* Verbrennungsgase.

1 *kg* C unmittelbar zu CO_2 verbrannt, liefert $1 + 2 \cdot \dot{6} + 2 \cdot \dot{6}\,\frac{766}{233}$ *kg* Verbrennungsgase, welche Werthe einander naturgemäss gleich sind.

Beim Bessemerprocesse werde ein Roheisen mit 3% *Si* und 4% *C* verarbeitet. Fragen wir, welche Wärmemenge wird dem Bade durch die Verbrennung dieser Materialien zugeführt? — Silicium wird zu Kieselsäure ($Si\,O_2$) verbrannt, Kohlenstoff zu Kohlenoxydgas (CO).

1 *kg Si* liefert nach der Tabelle 7830 W. E., 3 *kg* demnach 23.490 W. E. Abgeführt wird jene Wärmemenge, welche der erwärmte Stickstoff der zugeführten (eingepressten) Luft aufnimmt und wegführt.

Die Atomgewichte von *Si* und O sind 28 und 16, demnach erfordert 1 *kg Si* zur Verbrennung zu $Si\,O_2$ $\frac{2 \times 16}{28} = 1^1/_7$ *kg* Sauerstoff; die Stickstoffmenge beträgt demnach $\frac{766}{233} \times 1^1/_7$ *kg* = 3·75 *kg*, beziehungsweise für 3 *kg Si* $3 \times 3{\cdot}75 = 11{\cdot}25$ *kg*.

Werde diese Stickstoffmenge zur Temperatur des Bades, etwa 1600° C., erhitzt, so wird eine Wärmemenge von

$$0{\cdot}2438 \times 11{\cdot}25 \times 1600 = 4388 \text{ W. E.}$$

erforderlich und diese wird abgeführt. Dem Bade verbleiben demnach

$$23.490 - 4388 = 19.102 \text{ W. E. pro } 100\,kg,$$

somit für 1 *kg* der flüssigen Masse 191 W. E. und nachdem die specifische Wärme des Stahles mit 0·1185 angegeben wird, bedingt diese Wärmezufuhr eine Temperaturerhöhung des Bades um etwa 1590° C. Wenn auch die Rechnung viele Wärmeverluste unberücksichtigt lässt und zudem die specifische Wärme des Stahles in den hohen Temperaturen nicht genau bestimmt ist, so zeigt die Rechnung doch, dass das verbrennende Silicium dem Bade eine bedeutende Wärmemenge zuführt.

Für den Kohlenstoff stellt sich die Rechnung wesentlich anders, weil nicht nur *N*, sondern auch *CO* aus dem Bade entweicht, daher Wärme mitnimmt. Die 2473 W. E. pro 1 *kg C* bleiben nicht im Bade, sondern es werden davon

$$(2^1/_3 \,.\, 0{\cdot}245 + 1^1/_3 \frac{766}{233} \,.\, 0{\cdot}2438)\, 1600 = 2700 \text{ W. E.}$$

abgeführt, es müsste mithin das Bad über 200 W. E. abgeben und würde erstarren, statt dünnflüssiger zu werden, falls nur der Kohlenstoff oxydiert würde. Beim Bessemerprocess ist es das Silicium, welches durch seine Wärmeabgabe den Process möglich macht, denn pro 1 *kg* verbrennendes *Si* werden dem Bade etwa 6500 W. E. zugeführt; beim Thomasprocess ist es der Phosphor, welcher pro 1 *kg* bei 4200 W. E. an das Bad abgibt.

Temperaturbestimmung.

Die Bestimmung von Temperaturen bis 550° C. kann mittelst jener Quecksilberthermometer erfolgen, deren Erzeugung von der physikalischen Reichsanstalt in Berlin ausging.

Diese Thermometer besitzen eine oben erweiterte Thermometerröhre, und ist diese Erweiterung mit Kohlensäure von 20 Atmosphären Spannung gefüllt, um das Sieden des Quecksilbers zu verhindern.

Zu einer ganz beiläufigen Temperaturbestimmung glühender Körper kann die Helligkeit der Glüherscheinung herangezogen werden. Man unterscheidet nach Schinz:

dunkle Rothglühhitze	bei	525°	C.
dunkelroth Glühhitze	„	700	„
dunkel kirschroth	„	800	„
kirschroth	„	900	„
hell kirschroth	„	1000	„
dunkel orange	„	1100	„
hell orange	„	1200	„
weissgelb	„	1300	„
blendend weiss	„	1500	„

Zur Bestimmung von Temperaturen über 550° C. werden Pyrometer angewendet.

Trotz der vielen Pyrometersysteme,*) welche in Anwendung gelangten, bietet das Messen sehr hoher Temperaturen doch einige praktische Schwierigkeiten. Für den Gebrauch der Praxis sind verwendbar: 1. Legierungen bekannter Schmelzpunkte, 2. das calorimetrische Verfahren, 3. das neue Pyrometer der physikalischen Reichsanstalt.

Bezüglich der Anwendung der Legierungen zu Temperaturbestimmungen ist zu bemerken, dass die Schmelzpunkte genügend vieler Legierungen bekannt sind, um Temperaturen von 100 bis 1200° mit ziemlicher Genauigkeit dadurch bestimmen zu können, dass man Plättchen der Legierungen in den Raum einführt, dessen Temperatur zu bestimmen ist. Es muss die Temperatur des Raumes, in welcher eine Legierung zum Schmelzen kommt, jedenfalls über dem Schmelzpunkte der Legierung liegen, welche darin schmilzt.

Weil man aus dem Grade der Glühhitze auch die Temperatur des Raumes roh schätzen kann, so brauchte man nicht so

---

*) S. Dr. Carl Barus, die Messung hoher Temperaturen. Leipzig 1892.

sehr viele Legierungen, um in einem concreten Falle die Temperatur mit hinreichender Genauigkeit bestimmen zu können. Es müssten aber Legierungen mit den verschiedenen genau bestimmten Schmelzpunkten in Form dünner Bleche im Handel zu beziehen sein; da dies nicht der Fall ist, so ist dieses Verfahren nicht gut allgemein anwendbar.

Das calorimetrische Verfahren der Temperaturbestimmung beruht darauf, einen Körper bestimmter Wärmecapacität (Platin, Kupfer) und bestimmten Gewichtes so lange in dem Raume zu belassen, dessen Temperatur t_x ermittelt werden soll, bis er die Temperatur desselben angenommen hat, und ihn hierauf in einem bestimmten Wassergewichte abzukühlen. Das Wasser wird dieselbe Wärmemenge aufgenommen haben, welche der Körper abgab. Das Gewicht des Probekörpers sei G_1, seine Temperatur t_x, das Wassergewicht G_2, seine Anfangstemperatur t_o, die Endtemperatur desselben t_1, so ist die vom Probekörper abgegebene Wärmemenge ausgedrückt durch $c\,G_1\,(t_x - t_1)$, die vom Wasser aufgenommene Wärmemenge durch $G_2\,(t_1 - t_o)$ und diese beiden müssten einander gleich sein, wenn nicht auch das Wassergefäss eine gewisse, von der Höhe von t_1 abhängige Wärmemenge aufnehmen würde, welche mit W_1 bezeichnet werden möge. Es wird demnach

$$c\,G_1\,(t_x - t_1) = G_2\,(t_1 - t_o) + W_1$$

$$t_x = \frac{G_2}{c\,G_1}\,(t_1\ t_o) + \frac{W_1}{c\,G_1} + t_1.$$

Der Summand $\frac{W_1}{c\,G_1}$ ist ein variables, d. h. von t_1 und von der Beschaffenheit des Gefässes abhängiges Glied, welches durch entsprechende Versuche mit dem Apparate bei bekannten Werthen von t_1 ermittelt wird.

Friedrich Siemens hat diese Calorimeter für Bestimmungen der Temperatur der Gebläseluft der Hochöfen und zu ähnlichen Zwecken mit sehr gutem Erfolge eingeführt und seinen Calorimetern auch eine Tabelle für das Correctionsglied $\frac{W_1}{c\,G_1}$ beigegeben, durch welche der Gebrauch wesentlich erleichtert wird.

Das Pyrometer nach Le Chatelier, welches nach den Angaben der physikalisch-technischen Reichsanstalt in Berlin von W. C. Heraeus*) in Hanau hergestellt wird und zum Messen

*) Vertreter in Wien: Herr Edm. Oesterreicher, I. Wollzeile 12.

von Temperaturen zwischen 0 bis 1600° C. Anwendung finden kann, hat sich seit 1895 mehrfach eingeführt und gut bewährt.

Dieses elektrische Pyrometer ist aus zwei Drähten gebildet, von welchen der eine aus reinem Platin, der zweite aus einer Legierung von 90 Theilen Platin und 10 Theilen Rhodium besteht. Diese beiden Drähte sind an einem Ende zu einer kleinen Kugel zusammengeschmolzen und bilden so ein Thermoelement. Wird die kleine Kugel, die sogenannte Löthstelle, erhitzt, so entsteht ein schwacher elektrischer Strom, dessen Intensität in einem bestimmten Verhältnisse zur Temperatur steht, und dieses Verhältniss wird durch Vergleichung mit dem Luftthermometer der physikalischen Reichsanstalt bestimmt und sind die diesbezüglichen Vergleichszahlen in einer dem Pyrometer beigegebenen Tabelle zusammengestellt. Die beiden freien Drahtenden werden mit einem entsprechenden Galvanometer verbunden, welches einerseits die Stärke des Stromes abzulesen gestattet, andererseits aber auch unmittelbar die an der Löthstelle herrschende Temperatur, so dass die Benützung der Tabelle nicht nothwendig ist.

Das Galvanometer kann in irgend welchem Nebenraume (Bureau etc.) aufgestellt sein und wird durch gewöhnliche Leitungsdrähte mit dem Pyrometer verbunden, doch so, dass der Widerstand im Stromkreise 1 Ohm nicht übersteigt.

Das etwa 1 *mm* starke Kügelchen, die Löthstelle, ist an jene Stelle zu bringen, deren Temperatur gemessen werden soll. Um einer Zerstörung der Elementdrähte (Bildung von Kohlenplatin) vorzubeugen, sind dieselben um die Löthstelle herum und auf entsprechende Länge in einem einseitig geschlossenen Porzellanröhrchen montiert und sind die beiden Drähte überdies durch ein engeres, beiderseits offenes Porzellanröhrchen voneinander isoliert. Hierzu ist ein Porzellan gewählt, welches 1600° C. ohne Nachtheil aushält.

Dieses Pyrometer gelangte bereits in Cement-, Thonwaaren- und chemischen Fabriken, in Eisenwerken, Gasanstalten u. a. zur Verwendung und lauten die Urtheile sehr günstig.

Oefen für technologische Zwecke.

Der Mannigfaltigkeit des Zweckes entsprechend, sind diese Oefen ausserordentlich verschieden und es ist schwierig, sie übersichtlich zu ordnen. Es kann die nachfolgende Eintheilung nur als Versuch gelten, in die Mannigfaltigkeit einige Uebersichtlichkeit zu bringen.

Unter einem Feuer oder Herde versteht man jene Feuerungsanlage, bei welcher in einer Grube, häufig von parallelopipedischer Form, Holzkohle, Steinkohle oder Coaks durch einen darauf oder hinein geblasenen Luftstrom (Wind) zu lebhafter Verbrennung gebracht werden. Der Wind wird durch Blasebälge, Ventilatoren oder Gebläse geliefert, tritt durch eine Düse in den Herd und ist von geringer Spannung, etwa 50 bis 200 *mm* Wassersäule, gleich $^1/_{200}$ bis $^1/_{50}$ Atmosphäre. Die zu erhitzenden, in Glühhitze zu versetzenden oder zu schmelzenden Materialien werden in die Kohle nahe der Düse gesteckt. Hierher gehören die Schmiedeherde (s. Schmieden), die Frischfeuer (s. S. 82), die Feuer zum Feinen grauen Roheisens, Affinierfeuer genannt, und ähnliche. Der Nutzeffect dieser Oefen ist ein geringer, weil nur ein kleiner Theil des verbrennenden Materials mit dem zu erhitzenden in Berührung kommt und er beträgt nur bei 0·03 oder 3%. Zumeist ist die grosse Einfachheit der Anordnung die Ursache der vielfachen Verwendung der Herde.

Windöfen oder Rostöfen sind gleichfalls kleine Feuerungsanlagen, etwa 300 bis 400 *mm* breit und lang, 600 *mm* hoch, bei welchen jedoch das Brennmaterial auf einem Roste, meist in hoher Schicht liegt. Die Verbrennungsluft streicht durch die Rostspalten oder zahlreiche Löcher einer Rostplatte zum Brennmaterial und oben seitlich zu Fuchs und Schornstein. Es wird die Luftbewegung durch den natürlichen Zug des Schornsteines erzielt, zuweilen wohl auch dadurch, dass von einem Ventilator die Luft unter den Rost eingedrückt wird, in welchem Falle der Raum unter dem Roste (Aschenfall) abgeschlossen sein muss, so dass die Luft nur durch den Rost und das Brennmaterial streichen kann. Oefen dieser Gruppe finden als Tiegelschmelzöfen, d. h. Oefen, in welchen Metalle in Tiegeln geschmolzen werden, Anwendung (s. Giesserei), in neuerer Zeit auch in Schmieden zum Glühendmachen von Eisenstäben. Als Brennmaterial wird vorzüglich Holzkohle, Coaks und Steinkohle verwendet und sind die zu erhitzenden Stücke (z. B. Tiegel) in das Brennmaterial gesetzt. Der Nutzeffect bei Roheisen-

Tiegelschmelzöfen beträgt 0·02 bis 0·05 (2 bis 5%). Zu dieser Gruppe kann auch der Löthofen gezählt werden.

Die Schachtöfen sind Feuerungsanlagen, bei welchen die Höhe meist mehrfach grösser als der Querdurchmesser ist, so dass der eigentliche Ofenraum (Schacht) eine cylindrische Form hat. Abweichungen hiervon sind häufig, und zwar kommen Erweiterungen des Schachtes oben, in der Mitte oder unten vor. Diese Oefen dienen als Schmelzöfen in der Weise, dass das Brennmaterial (Coaks oder Holzkohle) mit dem einzuschmelzenden Metalle oder Erz in den Ofen schichtenweise eingetragen wird. Die Verbrennungsluft wird in der Regel durch mehrere in der unteren Hälfte des Ofens liegende Düsen in denselben eingedrückt, und richtet sich die Höhe der Windpressung einerseits nach dem im Ofen zu überwindenden Widerstande und andererseits nach dem zur Verbrennung erforderlichen Sauerstoffbedarfe. Dieses System ist nur anwendbar, wenn die unvermeidliche Einwirkung der directen Berührung des zu erhitzenden Körpers mit dem Brennmaterial zulässig ist. Namentlich bei Anwendung von erhitztem Winde ist der Nutzeffect dieser Oefen ein guter und übersteigt selbst 0·33 (oder 33%), was darin seine Begründung findet, dass die Verbrennungsgase, die oberen Schichten durchstreichend, ihre Wärme grossentheils abgeben und daher verhältnissmässig wenig Wärme abführen. Hierher gehören der Hochofen (S. 56) und der Cupolofen (s. Giesserei). Zu den Schachtöfen ohne Gebläse gehören manche Kalköfen und Erzröstöfen.

Flammöfen oder Reverberieröfen. Unter Flammöfen sind solche Feuerungsanlagen zu verstehen, bei welchen die Flamme des Brennmaterials, welches in einem durch die Feuerbrücke von dem Ofenraume getrennten Raum verbrennt, über die zu erhitzenden oder einzuschmelzenden Massen hingeführt wird. Indem nur die Flamme, nicht aber das Brennmaterial selbst mit den zu erhitzenden Körpern in Berührung tritt, so ist man unabhängiger von der Qualität des Brennmaterials, denn dasselbe wirkt auf die zu erhitzenden Substanzen chemisch weit weniger ein. Allerdings ist, aus später zu erörternden Gründen, der Nutzeffect dieser Feuerungsanlagen ein geringer 0·07 bis 0·1 (7 bis 10%), aber manche Gründe bedingen die Nothwendigkeit ihrer Anwendung. Hierher gehören die Puddelöfen (S. 85), Schweissöfen, viele Glühöfen und Glasöfen u. a. m. Erzeugt man die zur Verbrennung gelangenden Gase in einem gesonderten Generator (S. 104) und verbindet man mit

diesen Oefen die Siemens'schen Regeneratoren (S. 105), so erhöht man zwar den Nutzeffect auf das Doppelte, und steigert bedeutend die Verbrennungstemperatur, ändert aber dadurch an dem Principe dieser Feuerungsanlagen insoferne nichts, als die Oefen Flammöfen bleiben.

Gefässöfen. Unter diesem Namen kann man alle jene überaus mannigfachen Ofenformen zusammenfassen, in welchen der zu erhitzende Körper nicht direct der Wirkung der Flamme unterworfen wird, sondern von dieser durch die Wände eines Gefässes geschieden ist, welches einen Bestandtheil des Ofens bildet, und durch welche hindurch die Wärme zur Wirkung gelangt.

Ausgeschlossen sind sonach jene Herde, Rostöfen und Flammöfen, durch deren Benützung in Tiegeln geschmolzen wird, weil hier das Gefäss (der Tiegel) keinen Bestandtheil des Ofens bildet, derselbe vielmehr auch ohne denselben besteht und functionieren kann, sei es auch zu verändertem Zwecke. Desgleichen seien die Dampfkesselanlagen ausgeschlossen, weil selbe eine anerkannt getrennte Gruppe bilden. Zu den Gefässöfen sind zu zählen die Cementieröfen, Muffenöfen (s. Emaillieren von Eisenguss), Blech- und Draht-Gefässglühöfen, die Kesselöfen zum Schmelzen leichtflüssiger Metalle (s. Giesserei), die Retortenöfen, die Oefen für Leuchtgasbereitung, für die Destillation des Zinkes u. dgl. Bei diesen Oefen richtet sich die Ofenform zumeist nach Form und Zahl der zu erhitzenden Gefässe, sowie nach den zu erreichenden Temperaturen. Die Angabe eines mittleren Nutzeffectes ist aus leicht begreiflichem Grunde (allzu grosser Verschiedenheit) nicht möglich. Man erreicht nicht selten nur einen Wirkungsgrad von 0·03, andererseits bei Kesselöfen zur Bleischmelze bis 0·23.

Gasöfen sind solche Oefen, in welchen Leuchtgas mit Luft gemengt zur Verbrennung gelangt. Bei den Perrot'schen Gasöfen, gleichviel ob Tiegelschmelzöfen (s. Giesserei) oder Muffenöfen, wird in einem System entsprechend geformter Bunsen'scher Brenner Gas und Luft gemengt. Die Flammen umspielen zuerst den zu erhitzenden Tiegel oder die Muffe und streichen hierauf in umgekehrter Richtung zwischen einer Schamottewand und dem äusseren Mantel hin. Durch diese Circulation wird die Temperatur im eigentlichen Verbrennungsraum erhöht und kann trotz der compendiösen Ofenform im Tiegelofen bis 1200° C., im Muffenofen auf 900° C. gebracht werden.

Knallgasöfen sind sehr kleine, aus einem Klotze gebrannten Kalkes, eines sehr schlechten Wärmeleiters, gebildete Oefen, in

welchen die Düse für das Knallgas (oder die Doppeldüse für Sauerstoff und Wasserstoff) an der Decke einmündet, während seitlich ein Abzugsrohr für die Verbrennungsproducte sich findet. In solchen Oefen wird Platin geschmolzen (s. Giesserei), kann Silber destilliert werden, kurz man erreicht so die höchsten erzielbaren Temperaturen.

Elektrische Schmelzöfen. In neuester Zeit werden auch elektrische Schmelzöfen (s. Giesserei) zur Schmelzung strengflüssiger Metalle angewendet und liegt der Vortheil in der raschen Schmelzung kleiner Mengen. Ihre Verwendbarkeit ist an die Möglichkeit des Anschlusses an eine entsprechend kräftige Stromquelle geknüpft. Die Construction des Ofens ist sehr einfach, in den Ofenboden ist zumeist die eine Elektrode eingesetzt, während die zweite durch die Deckplatte geführt und vertical verstellbar angeordnet ist. Die Schmelzung erfolgt im elektrischen Lichtbogen.

Bei den vorstehend besprochenen Feuerungsanlagen handelt es sich zumeist um die Hervorbringung sehr hoher Temperaturen und ist die Erzielung derselben oft geradezu die erste Aufgabe, vor welcher die wünschenswerthe thunlichste Verwerthung der bei der Verbrennung entwickelten Calorien oder Wärmemenge in zweite Linie tritt. Soll in einem Raume eine Temperatur t herrschen, so können die Verbrennungsproducte diesen Raum unmöglich mit einer niedrigeren Temperatur verlassen. Die in den abgehenden heissen Verbrennungsproducten enthaltene Wärme kann noch zu Zwecken des Vorwärmens von Material, der Erhitzung der Verbrennungsluft und Gase (Regenerativsystem), zur Dampferzeugung u. s. w. benützt werden; von diesen Verwendungen, welche die Feuerungsanlage stets complicierter machen aber abgesehen, muss so viel Wärme verloren gehen, als in den abziehenden Verbrennungsgasen von der Temperatur t enthalten ist.

Bezeichnet man mit T die Temperatur, welche durch die Verbrennung selbst erlangt wird und welche im Verbrennungsraume herrscht, so kann im Ofen nur die Differenz $T—t$ abgegeben werden. Das Maximum der möglicherweise nutzbar gemachten Wärme, von Verlusten durch Strahlung, Leitung und Erwärmung der Ofenwände abgesehen, kann daher durch den Quotienten $\frac{T-t}{T}$ ausgedrückt werden.*) Ist die Verbrennungstemperatur $T = 1600^0$, $t = 1500$

*) Bezeichnet man mit c die Wärmecapacität der Verbrennungsgase, mit A ihr Gewicht, so ist cAT die darin enthaltene Wärmemenge. Mit t ziehen die Gase

(z. B. im Schweissofen), so wird $\frac{T-t}{T} = \frac{1}{16} = 0{\cdot}062$ und es ist, so lange wir nicht den Werth von T steigern können, nicht möglich, einen günstigeren Nutzeffect im Schweissofen zu erzielen. Unter diesen Umständen wäre also 0·062 die theoretische Maximalleistung eines Flammofens, bei welchem die Verbrennungstemperatur 1600° und die im Ofen geforderte Temperatur 1500° C. beträgt. Nach diesem Ergebnisse nimmt es nicht mehr wunder, wenn in solchen Feuerungsanlagen der Nutzeffect thatsächlich 0·02 bis 0·05 beträgt. Wenn sich im Cupolofen der Nutzeffect auf 0·2 bis 0·3 erhebt, obwohl zum Schmelzen des Giessereieisens auch 1200 bis 1400° erforderlich sind, so hat dies seinen Grund wesentlich darin, dass die heissen Gase beim Durchströmen durch die höheren Schichten das aufgegebene Eisen und die Coaks erhitzen, dadurch Wärme in nützlicher Weise abgeben, ohne die Temperatur im Schmelzraume herabzuziehen.

Für alle jene Feuerungsanlagen, bei welchen das Brennmaterial mit den zu erhitzenden Körpern nicht in Berührung tritt und mit hohen Temperaturen gearbeitet werden muss, lässt sich ein besserer Wirkungsgrad nur durch Hebung der Verbrennungstemperatur erlangen und es hat daher die Betrachtung der überhaupt erzielbaren Verbrennungstemperaturen eine wesentliche praktische Bedeutung.

Nach dem bereits auf S. 177 Gesagten wird es zur Erreichung möglichst hoher Temperatur im Verbrennungsraume in der Regel geboten sein, die Verbrennung etwas unvollkommen zu halten, was durch entsprechende Höhe der Brennstoffschicht unter Beobachtung der Flamme auch meistens leicht zu erreichen ist. Auch bei den Gasöfen von Perrot erreicht man den höchsten Hitzegrad dann, wenn die Luftschieber an den Brennern so gestellt werden, dass die Flamme noch leuchtende Säume oder Streifen zeigt, wenn also die Luft nicht in zu grossem Ueberschusse zugeführt wird.

Während bei Dampfkesselanlagen es mit Rücksicht auf die Haltbarkeit der Kessel nicht angezeigt ist, die Temperatur im Verbrennungsraume sehr hoch zu steigern, und man bei denselben den günstigen Nutzeffect meist durch entsprechend grosse Feuerfläche erzielt, hat man bei den technisch metallurgischen Oefen gerade die möglichst hohe Verbrennungstemperatur anzustreben, was namentlich durch Erhitzung der Verbrennungsluft und der

---

ab, sie führen daher cAt Wärmeeinheiten weg. Die Differenz $cA(T-t)$ könnte im Ofen zur Wirkung kommen, daher der Nutzeffect höchstens $\frac{cA(T-t)}{cAT} = \frac{T-t}{T}$ betragen kann.

Gase (Siemens-Regenerativöfen) mit ausgezeichnetem Erfolge und einer Erhöhung des Nutzeffectes auf das Doppelte erreichbar ist. Auch der günstige Erfolg der Winderhitzung bei Schachtöfen (Hochöfen) und Schmiedefeuern wird zum guten Theile hierauf zurückzuführen sein.

Das Verhältniss der Oberfläche des zu erhitzenden Körpers zur Gesammtfläche des Ofeninnern, sowie das Verhältniss des Wärmeleitungsvermögens beider, muss von wesentlichem Einflusse auf den Nutzeffect sein. Wenn der zu erhitzende Körper, z. B. der zu schmelzende Stahl, in Tiegel eingeschlossen wird, welche die Wärme schlecht leiten und zudem zur Innenfläche des Ofens klein sind, so muss die Wärmeaufnahme, daher auch der Nutzeffect geringer sein, als wenn der Stahl den Boden des Ofens bedeckt und der Flamme frei zugänglich ist. Es darf daher nicht wunder nehmen, dass der Nutzeffect im ersteren Falle 0·02, im letzteren 0·06 beträgt.

Es ist bisher gebräuchlich, den Nutzeffect einer Feuerungsanlage durch den Quotienten auszudrücken aus der nützlich verwendeten Wärme, getheilt durch die vom Brennstoff erreichbare Wärme. Wollte man nach diesem Vorgange den Nutzeffect unserer Dampfmaschinen berechnen, so erhielte man z. B. bei einem Verbrauch von 2·5 *kg* Kohle pro Pferdekraft und Stunde den Ausdruck

$$\frac{75^{mk} \,.\, 60 \,.\, 60}{2{\cdot}5 \,.\, 7000 \,.\, 424} = 0{\cdot}036,$$

woraus ersichtlich ist, dass auch hier eine sehr wesentliche Verlustquelle sich findet, nämlich die im Auspuffdampfe abgehende latente Wärme. Will man die nützlich verwendete Wärme bei einer technisch metallurgischen Feuerungsanlage bestimmen, dann muss man die Zahl der Calorien kennen, welche zur Erzielung der betreffenden Aufgabe pro Gewichtseinheit erforderlich sind und diese mit der Leistung des Ofens multiplicieren, es gibt dies den Zähler des Bruches; der Nenner ist das Product aus dem Brennwerth des Brennstoffes und der davon verbrauchten Menge. Es sei ein Beispiel gegeben:

Es werden in einem Kesselofen 10.000 *kg* Blei bei einem Aufwande von 300 *kg* Schwarzkohle, deren Brennwerth 6000 Calorien betrage, geschmolzen. Da 1 *kg* Blei etwa 20 W. E. zum Schmelzen braucht, so erhält man den Nutzeffect ausgedrückt durch

$$\frac{20 \,.\, 10.000}{300 \,.\, 6000} = \frac{1}{9} = 0{\cdot}11.$$

Zum Zwecke der Durchführung ähnlicher Rechnungen seien einige Näherungszahlen gegeben.

Zum Schmelzen von 1 *kg* Gusseisen sind 250 W. E. erforderlich,
„ „ „ 1 *kg* Stahl „ 350 „ „ „
„ „ „ 1 *kg* bas. Cupolofen-Schlacke 330 W. E.

Die Wärmemenge fürs Schmelzen setzt sich zusammen aus der zur Erhitzung bis zum Schmelzpunkte erforderlichen Wärme, welche annäherd durch das Product von Wärmecapacität mal Schmelztemperatur gefunden wird, mehr der sogenannten Schmelzwärme.

	Die spec. Wärme (Wärmecapacität) Zahl der E. W. für Erhitzung von 1 *kg* um 1° C. beträgt für:	Schmelzwärme: latente Wärme im geschm. Metall
Schmiedeeisen	0·1112	—
Stahl	0·1185	40
Gusseisen	0·1298	46
weisses Roheisen	0·2411	—
Kupfer	0·0952	—
Zink	0·0956	28·13
Blei	0·0315	5·37
Platin	0·0335	
Silber	0·0570	
Quarz, Backsteine, Kalk, Graphit, Gyps, Glas	0·19 bis 0·21	
Eisenoxydul	0·164	

Das Gewicht von 1 m^3 Luft bei 0° C. und der Pressung von $760 + n$ Millimeter bestimmt sich mit $G = \frac{760 + n}{760}\, 1{\cdot}2937\, kg$. 1 *kg* Luft enthält 233 *g* Sauerstoff und 766 *g* Stickstoff. Für eine andere Temperatur t' wird $v' = v_0\,(1 + 0{\cdot}00367\, t')$.

Zur Verdampfung von 1 *kg* Wasser bei gewöhnlichem Druck sammt Erwärmung des Wassers von 0° bis 100° C. sind 637 W. E. erforderlich. Die latente oder gebundene Wärme oder Verdampfungswärme beträgt 536·5 W. E. Die im gesättigten Dampfe von 100° C. enthaltene Wärmemenge (ein Theil der zugeführten ist in Arbeit umgesetzt) beträgt 596·8 und bei der Condensation zu Wasser von 100° C. werden 496·8 W. E. frei.

Mit diesen Zahlen lassen sich für zahlreiche Fälle Näherungsrechnungen durchführen. Genaue Bestimmungen erfordern aber gesonderte Bestimmungen sowohl der Heizkraft des speciell angewendeten Brennmaterials als der nützlich verwendeten Wärme und sind diesbezüglich besondere calorimetrische Bestimmungen erforderlich. (Vgl. das Werk Ferini's, Technologie der Wärme, S. 40 etc.)

Jene Wärmemenge, welche durch die Ofenwände transmittiert, ist von geringem Belange und wird bei grösseren Oefen kaum 5% der Gesammtwärme erreichen; hingegen ist für die Erwärmung des Mauerwerkes ein bedeutender Brennstoffaufwand erforderlich, daher der periodische Betrieb, namentlich bei Flammöfen, thunlichst durch den continuierlichen Betrieb ersetzt wird. Aus dem vorerwähnten Grunde lässt sich die Leistung eines technischen metallurgischen Ofens dadurch, dass man das Mauerwerk mit schlechten Wärmeleitern umgibt, nicht wesentlich erhöhen, ja es ist zum Zwecke der Conservierung desselben sogar die ausgiebigste Verwendung von Kühlwasser gestattet und häufig geboten.

Das vorliegende erste Heft umfasst:

Die mechanisch-technologischen Grundbegriffe:

Geschichte des Faches, Eintheilung der Materialien nach ihren massgebenden Arbeitseigenschaften, Kennzeichnung des Verhaltens der bildsamen, spröden, spaltbaren und schneidbaren Materialien.

Das Gesetz vom Gebrauchswechsel, Arbeitsverbrauch bei Formänderungen, Veränderung der Dichte, Einfluss der Geschwindigkeit, Härte, Zähigkeit, Sprödigkeit.

Die wichtigsten Rohmaterialien des Maschinenbaues:

Das Eisen: Roheisen, schmiedbares Eisen — Schweisseisen, Schweissstahl, Flusseisen, Flussstahl — die Verfahren der Eisenerzeugung — Hochofenprocess, Frischen, Puddeln, Bessemern, Thomasieren, Martinieren etc.

Das Härten des Stahles.

Kupfer, Zink, Zinn, Blei, Antimon, Aluminium etc.

Metall-Legierungen.

Das Holz. Allgemeine Bemerkungen über Materialien.

Die passiven Hilfsmittel der Bearbeitung:

Mittel zum Messen und Linienziehen. — Zirkel, Lehren, Caliber etc., die Feinmessmaschinen.

Mittel zum Festhalten. — Schraubstöcke, Zangen, Hobelbank etc. etc.

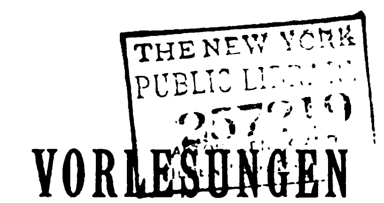
Mittel zur Erhitzung. — Theoretisches, die Pyrometer, Feuer oder Herde, Windöfen, Schachtöfen, Flammöfen, Gefässöfen, Gasöfen, Knallgasöfen, Elektrische Öfen.

Das zweite Heft wird die Zertheilungs-, Sortierungs- und Mengungsarbeiten, ferner das Giessen, Schmieden, Walzen, Ziehen, Pressen, Prägen, Stanzen, Biegen, Bördeln und Abscheeren,

das dritte Heft endlich alle jene Arbeiten umfassen, bei welchen die Formänderung durch Abtrennen von Spänen erfolgt (Meisseln, Feilen, Drehen, Bohren, Fräsen, Schleifen etc. etc.), den hierher gehörigen Werkzeugmaschinen, und einer kurzen Besprechung der Zusammenfügungs- und Verschönerungsarbeiten.

Die beiden späteren Hefte werden an Umfang dem ersten Hefte annähernd gleich sein und mit thunlichster Beschleunigung der Ausgabe zugeführt werden.

K. u. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme in Wien.



VORLESUNGEN

ÜBER

MECHANISCHE TECHNOLOGIE

DER METALLE, DES HOLZES, DER STEINE UND ANDERER FORMBARER MATERIALIEN

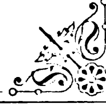
VON

FRIEDRICH KICK

K. K. REGIERUNGSRATH UND PROFESSOR AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN WIEN.

MIT VIELEN ABBILDUNGEN.

II. HEFT.





LEIPZIG UND WIEN.
FRANZ DEUTICKE.
1897.

Verlags-Nr. 552.

Vorbemerkung zum ersten Hefte.

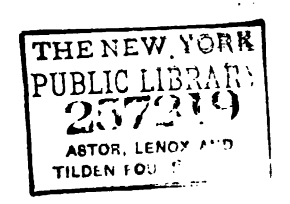
Dieses Werk wird ungefähr den Inhalt dessen wiedergeben, was ich in meinen Vorlesungen an der hiesigen Technischen Hochschule über mechanische Technologie der Metalle, des Holzes, der Steine und anderer formbarer Materialien auszuführen pflege. Es verdankt seine Entstehung zunächst dem Wunsche, meinen Zuhörern die mechanische, dem verständnissvollen Hören hinderliche Arbeit des Nachschreibens zu ersparen. Da meine Vorlesungen etwas von Jahr zu Jahr Wechselndes sind und bald dieser, bald jener Abschnitt mit grösserer Ausführlichkeit behandelt wird, so kann dieses Werk keine getreue Wiedergabe sein, aber es wird dem Studierenden das Wesentlichste bieten.

Dem Fernerstehenden mag freilich manches darin zu flüchtig behandelt und weiterer Erklärungen bedürftig erscheinen; er wolle aber bedenken, dass die richtige Vorstellung technologischer Processe niemals aus Büchern allein, sondern nur in Verbindung mit aufmerksamer Beobachtung der Arbeitsvorgänge, wie sie die Praxis bietet, gewonnen werden kann. Und so bilden denn auch die mit den Vorlesungen im engen Zusammenhange stehenden Excursionen in industrielle Etablissements und die Demonstrationen an den reichen Mitteln des technologischen Kabinetes einen integrierenden Bestandtheil derselben. Durch beides möge der Leser dieses Werk ergänzt denken, verhält sich doch ein technologisches Lehrbuch zur Praxis ähnlich wie ein Notenblatt zur wirklichen Musik. Wer die Tonzeichen sich nicht in Schallwellen umgesetzt vergegenwärtigen kann, für den sind sie ebenso todt, wie die Zeichnung eines Werkzeuges, dessen Gebrauch sich der Vorstellung entzieht.

Doch nicht nur meinen Zuhörern dürfte diese thunlich kurz gehaltene Schrift willkommen sein, sondern ich hoffe und wünsche, dass auch weitere Kreise sich ihrer bedienen als eines Führers ins mechanisch technologische Gebiet, welcher in mancher Beziehung etwas andere Wege weist, als sie gewöhnlich begangen werden und von welchen ich glaube, dass sie zur Gewinnung von Ausblicken und Uebersichten wohl geeignet sein dürften. Es wird letzteren nicht abträglich sein, dass zahlreiche Einzelheiten mit besonderer Rücksicht auf die Fachschule für Maschinenbau behandelt sind.

Wien, im Mai 1897.

Der Verfasser.



IV. Theil.

Von den Zerkleinerungs-, Sortierungs- und Mengungsarbeiten.

Die Arbeiten zum Zwecke der Zerkleinerung, der Sortierung und der Mengung oder Mischung spielen in den verschiedensten Industrien eine so hervorragende Rolle, ja in manchen Industrien, wie der Müllerei, der Erdfarbenerzeugung, wird fast ausschliesslich nur von diesen Arbeiten Gebrauch gemacht, dass die Besprechung derselben wichtig ist und zweifellos in die mechanische Technologie einbezogen werden muss.

Bei der Metallgewinnung aus den Erzen sind die hierher gehörigen Arbeiten in den sogenannten Aufbereitungsanstalten vereinigt und die Aufbereitungskunde*) bespricht dieselben. Die Zerkleinerungs- und nachfolgenden Sortierungsarbeiten bezwecken hier die Trennung des metallreichen Erzes von dem tauben Gesteine.

Für ganz andere Zwecke, z. B. zur Erzeugung der Porzellanmasse, werden theilweise dieselben Arbeiten mit anderen verbunden. Ein Gleiches gilt von der Erzeugung der Bronzefarben (Malergold), der Zurichtung des Giessereisandes (Formsandes), von der Gewinnung der Masse für Graphitstifte (Bleistifte) und für zahllose andere Zwecke.

Im Folgenden werden die wichtigsten hierher gehörigen Arbeiten und Arbeitsmittel besprochen.

I. Von den Zerkleinerungsarbeiten.

Zu diesen Arbeiten gehört das Sprengen, Spalten, Steinbrechen, Zerkleinern zu kleinen Bruchstücken verschiedener Korn-

*) Die Aufbereitungskunde von Min.-Rath Peter Rittinger. Berlin 1867.

grösse, endlich das Pulverisieren. Das Zerkleinern auf Grobkorn, Feinkorn und Pulver (Staub) ist nur dem Grade nach unterschieden, und können dieselben Zerkleinerungsmittel, so verschieden dieselben auch mechanisch beschaffen sein mögen, für mehr oder minder weit getriebene Verkleinerung dienen.

Sehr feine Pulver, bei welchen das Gefühl zwischen den Fingern keine Körnchen wahrnehmen lässt, weisen eine Grösse der Theilchen von 0·0005 bis 0·01 *mm* auf. Bei einer Korngrösse von 0·02 *mm* und kugeliger oder polyedrischer Form vermag geübtes Gefühl die Körnchen zwischen den Fingern bereits wahrzunehmen; das Pulver beginnt „scharf" zu werden. Von einer Korngrösse von 0·1 *mm* unterscheidet auch ohne Isolierung das freie Auge die einzelnen Stückchen schon ziemlich deutlich.

Zu der erstgenannten Gruppe gehören die Polierpulver und die Theilchen, wie sie sich in geschlemmtem Thone oder Porzellanmasse finden, und feine Stärkearten.

Zur zweiten gehören die feinen Schleifpulver, an welche sich allmählich die gröberen, über 0·1 *mm* Korngrösse, anschliessen. Für die Unterscheidung der Korngrösse durch den Griff ist nicht nur die Grösse, sondern auch die Gestalt und Beschaffenheit der Theilchen massgebend. So erscheinen dem Griffe scharfkantige Steinsplitterchen gröber als gleich grosse, ja selbst grössere Stärkekörnchen abgerundeter Form.

Durch die Zerkleinerung mittelst mechanischer Mittel erhält man die Theile meist sehr ungleich in der Grösse, weil gewöhnlich viele Stückchen durch umliegende kleinere vor der zerkleinernden Einwirkung geschützt werden. Man soll daher möglichst trachten, die hinreichend verkleinerten Theile zu entfernen.

Es lassen sich nicht alle Materialien pulverisieren. Viele organisierte, ferner weiche, plastische und hämmerbare Körper sind nicht unmittelbar pulverisierbar. Ist es möglich, ihnen durch Trocknen, wie bei Wurzeln, Samen, Fleisch, Thon eine gewisse Sprödigkeit und Härte zu verleihen, dann gelingt diese Arbeit. Bei Holz muss man zuerst Späne herstellen, diese scharf trocknen, dann kann man durch energische mechanische Mittel (Mahlgänge) eine Zerreibung bis zu Pulver durchführen.*) Hämmerbare Metalle, Kupfer, Silber, Messing, Zinn müssen in Form dünnen Bleches durch lang andauerndes Hämmern jene Sprödigkeit erhalten, welche die weitere

*) Holzmehl wird wenig erzeugt. Der als Hadernsurrogat in der Papierfabrication verwendete Holzzeug oder Holzschliff soll faserig sein und wird durch Andrücken von Holzklötzen unter Wasserzufluss an rotierende Schleifsteine erzeugt, wobei das Abreissen der Fäserchen in der Faserrichtung stattfindet.

Verkleinerung zu einem sehr feinen, wenn auch plättchenförmigen Pulver in Stampfwerken gestattet. Blei, Zinn und leichtflüssige Legierungen können dadurch pulverisiert werden, dass man eine kleine Menge geschmolzenen Metalles in einer Holzbüchse kräftigst schüttelt. Auch bei Zink gelingt dies noch, bei Messing, Bronze und allen schwer schmelzbaren Metallen stösst dieses Verfahren aber auf grosse Schwierigkeiten. Hervorragend zum Pulverisieren geeignet sind alle spröden Materialien, wie Steine, Knochen, Glas.

Das Grundgesetz der Formänderung: Geometrisch ähnliche Körper gleicher materieller Beschaffenheit erfordern zu gleichartiger Gestaltsänderung Arbeitsgrössen, welche proportional sind dem Volumen dieser Körper, hat auch hier volle Geltung. Man kann dasselbe auch in folgenden Satzformen zum Ausdruck bringen:

Eine bestimmte Gewichtsmenge congruenter Stücke desselben Materials bedarf zu einer bestimmten Verkleinerung der gleichen Arbeitsgrösse, welche dieselbe Gewichtsmenge geometrisch ähnlicher kleinerer oder grösserer Probestücke desselben Materials zu gleichartiger Formänderung benöthigt. Oder: Eine bestimmte Gewichtsmenge geometrisch ähnlicher Probestücke desselben Materials bedarf zu analoger Verkleinerung einer bestimmten Arbeitsgrösse, welche unabhängig ist von der Zahl und Grösse der einzelnen Probestücke. Diese Sätze sind für manche Zwecke in der einfachsten Weise direct verwerthbar. Denkt man sich z. B. Flusssand bestimmter Korngrösse, etwa von 2 *mm* mittlerem Durchmesser durch Walzen verkleinert, welche auf 1 *mm* gestellt sind, so wird man zur Verkleinerung eines bestimmten Gewichtes dieses Sandes genau dieselbe Arbeitsgrösse benöthigen, welche bei Sand derselben Qualität, aber der Korngrösse von 4 *mm* und dem Walzenabstand von 2 *mm* bei gleicher Gewichtsmenge erforderlich wäre, vorausgesetzt, dass auch die Walzendurchmesser im Verhältniss 1 : 2 stehen. Hierdurch erhält man wohl keine unmittelbaren Zahlen, aber man kann aus der Arbeitsgrösse, welche für einen Fall erforderlich ist, die erforderliche Arbeit für viele andere ähnliche Fälle rechnen.

In der Praxis wird es häufig vorkommen, dass dasselbe Material wiederholten Verkleinerungen ausgesetzt wird, auch kann es bei manchen Materialien vorkommen, dass die Bruchstücke trotz ihrer Verschiedenheit in der Hauptsache polyedrisch bleiben. Richtet man nun die Verkleinerungsmittel (z. B. Walzen) so ein, dass man die Bruchstücke successive auf circa die halben linearen Abmessungen bringt, z. B. von 8 *mm* auf 4, von 4 auf 2, ferner 1,

$^1/_2$, $^1/_4$ etc., so wird man für jede dieser Verkleinerungen pro Gewichtseinheit dieselbe Arbeitsgrösse zu verwenden haben.

Der zu verkleinernde Körper kann zwischen den wirksamen Flächen der Werkzeuge, mittelst welchen die Verkleinerung besorgt werden will, entweder Stössen ausgesetzt werden, wie z. B. in Stampfwerken, oder er wird gequetscht, wie dies zwischen den Oberflächen von Walzen, deren Umfangsgeschwindigkeit gleich ist, geschieht, oder er wird gerieben, beziehungsweise zerrieben, wie dies in einer Reibschale mit Hilfe des Stempels geschieht, oder er wird gebrochen durch Einwirkung entsprechend gestellter Schneiden. Bei allen diesen Einwirkungen wirkt ein Theil stützend und zwischen ihm und einem zweiten bewegten Theile findet die Zerkleinerung statt Es ist jedoch auch möglich, das zu zerkleinernde Material gegen eine feste Wand zu schleudern oder das frei bewegliche Material von rasch bewegten Zerkleinerungswerkzeugen treffen zu lassen, und hierin ist eine wesentlich verschiedene Inanspruchnahme begründet, wie sich selbe bei den Desintegratoren oder Schleudermühlen vorfindet.

Wird ein Material zwischen widerstandsfähigen Körpern gedrückt, so wird dasselbe in seiner Masse ganz anders beansprucht, als wenn es gegen eine feste Wand geschleudert wird. Im ersten Falle findet bei cylindrischen, bildsamen Massen eine tonnenförmige Deformierung statt, im zweiten Falle wird ein cylindrisches Stück an jenem Ende breitgestaucht, mit welchem es gegen die feste Wand anprallt. Die lebendige Kraft des angeschleuderten (oder fallenden) Stückes wird zu einer Formveränderung aufgebraucht, bei welcher jene Schichten, die der unmittelbar auftreffenden Endfläche am nächsten liegen, am meisten betheiligt sind (vgl. S. 9 und 15).

Spröde Körper lassen sich aber nicht stauchen, sondern sie bersten und es geschieht dies beim Anschleudern mit einem nahezu gleichen Arbeitsaufwande, wie bei Anwendung von Schlägen auf den auf fester Unterlage ruhenden Körper, obwohl hierbei immer ein Theil der Schlagarbeit in Vibrationen der Unterlage verloren geht. Hierzu kommt einerseits noch der Umstand, dass bei der Zerkleinerung durch Schlag die kleinen Bruchstücke, z. B. im Stampfwerke, gleichsam schützend die grösseren umgeben, während wohl beim Anschleudern (im Desintegrator) gerade die grösseren Stücke, des sie minder beeinflussenden Luftwiderstandes wegen, am intensivsten der Einwirkung unterliegen, andererseits aber der Luftwiderstand den Effect wesentlich herabdrückt, insofern es sich um Erlangung feiner Pulver handelt.

In Bezug auf den Arbeitsverbrauch wirken übrigens die zerbrechend oder abscherend wirkenden Mittel am günstigsten. Hierbei ist aber die Anwendung von Spitzen, Schneiden oder dergleichen erforderlich und nützen sich diese bei der Zerkleinerung mancher Materialien so rasch ab, dass sie aus diesem Grunde nicht zur Anwendung kommen können.

Als ein wesentliches Hilfsmittel, die Verkleinerung von Steinen, z. B. Quarz, Schmirgel u. dgl. zu erleichtern, mag hier das Glühen, wenn erforderlich mit nachfolgendem Abkühlen (Abschrecken) in Wasser, hervorgehoben werden. Es entstehen hierdurch im Material zahlreiche Haarrisse, nach welchen es bei folgender Beanspruchung leicht springt. Die Wirkung des Glühens ist besonders überraschend bei Schmirgel, welcher theilweise schon während des Glühens unter lautem Krachen berstet, und so zahlreiche Sprünge erhält, dass seine Verkleinerung leicht wird. Gerade hier dürfte sich die Anwendung der Schleudermühle (Desintegrator) empfehlen, weil die kleinen Bruchstücke die grösseren hierbei nicht schützend umgeben können. Sehr häufig werden Steinbrecher (Backenquetschen) zur gröbsten Verkleinerung, hierauf Kollergänge und endlich Walzen angewendet und kann auch diese Verkleinerung ganz rationell geschehen, wenn zwischen den einzelnen Stufen der Verkleinerung die feineren Theile stets von den gröberen abgesiebt werden.

Die mechanischen Hilfsmittel zum Pulverisieren lassen sich nicht in stossend, reibend, quetschend, brechend wirkende eintheilen, weil dasselbe Mittel oft in zwei- oder selbst mehrfacher Weise angewendet werden kann.

Die folgende Besprechung wird sich daher zumeist nach den verschiedenen Zerkleinerungsmaschinen gliedern und nur zunächst das Sprengen, Spalten und Steinbrechen für sich kurz behandeln. Das Material wird gegliedert sein in:

1. Sprengen,
2. Spalten,
3. Steinbrechen,
4. Stampfwerke,
5. Mörser und Stössel oder Reibschale und Pistill (Stempel),
6. Mörsermühlen,
7. Konische Mühlen,
8. Kugelmühlen,
9. Mahlgänge,
10. Scheibenmühlen,
11. Walzenmühlen und Kollergänge,
12. Desintegratoren.

Das Sprengen.

Unter Sprengen versteht man gemeiniglich das Herausreissen von grösseren Theilen aus ihrem Verbande durch die Wirkung von Sprengstoff (Explosiv). Die wichtigste Anwendung ist jene, durch welche grössere Gesteinsmassen aus ihrem natürlichen Zusammenhange gerissen werden. Zu diesem Zwecke bohrt man in den Fels entweder durch Meissel und Fäustel (hammerähnlich) oder mittelst Gesteinsbohrmaschinen *) ein oder mehrere Sprenglöcher, bringt die Patrone, das Explosiv, an den Bohrlochboden, den Pulversack oder Minenherd, wobei die Patrone mit einer Zündschnur oder den Leitungsdrähten für elektrische Zündung armiert sein muss, und füllt den Rest des Bohrloches mit Versatz.

Die Wirkungen normaler Ladungen verhalten sich, wie zufolge der Ausführungen auf S. 30 bekannt ist, für dasselbe Gestein wie die Volumen der Wurfkegel. Normale Ladungen sind solche von entsprechender Menge des Explosivs, wobei natürlich richtiger Vorgang beim Laden und richtiger Versatz vorausgesetzt ist.

Der Versatz des Bohrloches ist jene Ausfüllung desselben über dem Explosiv, welche das Auspuffen der Explosionsgase aus dem Bohrloche verhindert. Man wählt hierzu gewöhnlich auf die halbe Tiefe des Loches von der Patrone nach aussen zunächst feinen Sand oder Bohrmehl und für die restliche Tiefe Lehm oder Thon; der Sandversatz wird „loser Besatz", der Lehm „fester Besatz" genannt.

Als Explosiv findet jetzt nur noch selten Schwarzpulver Anwendung, meist benützt man Dynamit, Cellulosedynamit, Sprenggelatine und Ekrasit.

Besonders geeignet ist die Sprenggelatine, welche durch Lösen von löslicher Nitrocellulose in Nitroglycerin mit Kampferzusatz hergestellt wird, weil dieselbe sowohl gegen Druck und Stoss als Erwärmung ziemlich unempfindlich ist und nur durch den kräftigen Impuls einer Zündkapsel zur Explosion gebracht werden kann. Uebrigens bedarf auch das Dynamit, welches aus mit Nitroglycerin getränktem Kieselguhr besteht, einer Zündkapsel.

Die Sprenggelatine hat auch zur Herstellung von Explosivmischungen weitere Verwendung gefunden, welche durch Beimengung von Zumischpulvern (salpetersauren Salzen, Holzmehl u. dgl.) erzeugt werden, und welche unter dem Namen Neudynamit, Ammonsprenggelatine u. s. w. in Verkehr gekommen sind.

*) Ueber Steinbohren wird später im Abschnitt Bohren gesprochen. Als Fachschriften seien hier genannt: Stapff, Steinbohrmaschinen, Stockholm 1869; Rziha, Tunnelbau, II. Aufl., Berlin 1874.

Je nach dem Verhältnisse von Sprenggelatine zum Zumischpulver und je nach der Qualität dieses letzteren, lassen sich Präparate von grösserer oder geringerer Brisanz herstellen, welche wegen des Vortheiles, dass sie selbst bei starkem Drucke kein Sprengöl abgeben, weit gefahrloser gehandhabt werden können als die Kieselguhrdynamite.

Die verschiedenen Explosivkörper verwandeln sich bei ihrer Explosion durchwegs in sehr kurzer Zeit in Gase, doch ist die Dauer, beziehungsweise die Geschwindigkeit dieses Umwandlungsprocesses sehr verschieden. Die Dynamite, Sprenggelatine und andere Explosivkörper explodieren in weit kürzerer Zeit und weitaus gleichzeitiger als die Schwarzpulver (Schiesspulver), und daher ist auch ihre Wirkung eine wesentlich andere. Die erst entwickelten Explosionsgase des Schwarzpulvers erweitern den Laderaum und verursachen radiale Trennungen, die von den nach und nach weiter entwickelten Gasen erweitert und verlängert werden.

Bei gesprengten Minen kann man folgende Theile — Zonen — unterscheiden: Die Zermalmungs-, Verschiebungs- und Trennungszone.

Je plötzlicher der Explosivstoff sich vergast, je brisanter er ist, desto grösser werden bei gleicher Ladungsmenge die beiden ersten Zonen oder Sphären. Mit der Abnahme der Brisanz des verwendeten Sprengstoffes nehmen die kubischen Inhalte der ersten beiden Sphären ab, dagegen wächst die Trennungszone.

Die Minenladungen mit Schwarzpulver erzeugen fast gar keine Zermalmungs-, eine mittelgrosse Verschiebungs-, dagegen eine verhältnissmässig grosse Trennungssphäre. Die richtig gelegte und geladene Dynamitmine streut hingegen nur sehr wenig, denn es findet kein Nachschub von Gasen statt. Die Wirkung einer Dynamitmine, deren Ladung im richtigen Verhältnisse zur Länge der Widerstandslinie (Vorgabe) (s. S. 30) steht, ist das Bilden eines Trichters, dessen Halbmesser gleich ist der Länge der Widerstandslinie. Wäre z. B. eine Mine von 3 *m* Vorgabe mit 10 *kg* Dynamit Nr. III geladen und hätte einen Trichter von 3 *m* Radius ausgehoben, so gibt es eine Gewichtsmenge von Dynamit Nr. II, etwa 6·8 *kg*, welche den gleichen Wurfkegel hervorbringt. Dennoch sind Unterschiede in der Wirkung bemerklich, die Zermalmungszone ist bei Dynamit Nr. II grösser, die Trennungssphäre kleiner. Durch Dynamit Nr. III werden grosse Blöcke erzeugt und der Zusammenhang der Masse noch weithin gelockert, so dass natürliche Lager und Lassen geöffnet erscheinen, ohne dass überwiegend viele neue Brüche entstanden sind; die gebrochene Gesteinsmasse ist als Bau- und Werk-

stein zu benützen, Dynamit Nr. II hat aber überwiegend viele neue Brüche erzeugt, das Gestein in kleinere Blöcke gebrochen und weniger weithin gelockert.

Die starken Dynamitsorten, Gelatinedynamit, Cellulosedynamit, Dynamit I und II zermalmen und zerbrechen die benachbarten Theile des Körpers und die Wirkung ist eine ziemlich scharf begrenzte. Die schwächeren Dynamitsorten brechen nur in unmittelbarer Nähe, trennen aber weithin nach den offenen Lagern und Lassen, ihre Wirkung ist weniger plötzlich. Darum wendet man beim Abtäufen enger Stollen und Schächte vorzüglich die starken Dynamitsorten an, bei deren richtiger Verwendung die Begrenzungswände wenig beschädigt werden; hingegen beim Ausweiten der Tunnel, beim Brechen von Werksteinen, in weiten Einschnitten u. dgl. werden die minder starken Dynamite verwendet. Man kann daher den Satz aufstellen: Je mehr brechende oder zermalmende Kraft eine Sprengarbeit erfordert, je stärker (brisanter) soll das Explosiv sein; für blosse Trennungen sind minder brisante Sorten zu wählen.*)

Ein Sprengstoff besitzt einen höheren Grad von Brisanz, wenn er in einer kürzeren Zeit vergast. Man kann bei Explosiven von „momentaner" Wirkung reden, weil die Zeit der Vergasung ausserordentlich kurz ist. Ein Versuch Professor Mach's zeigt dies trefflich. Man äquilibriert eine empfindliche Wage, deren eine Wagschale durch ein Kartenblatt ersetzt ist. Das Explosiv, Nitroglycerin, wird auf das Kartenblatt gelegt und durch einen elektrischen Funken entzündet. Das Kartenblatt wird durchschlagen, ohne dass die Wage aus der Ruhelage kommt. Aendert man den Versuch ab, indem man unter das Kartenblatt eine Blechschale gibt, so wird bei der Explosion die Karte durchgeschlagen, aber die Explosionsgase und die Theilchen, die nach abwärts geschleudert werden, stossen auf die Wagschale und bringen die Wage ins Schwingen. Das Durchschlagen des Kartenblattes findet im ersten Falle in einer so kurzen Zeit statt, dass die Trägheit der Massentheile der Wage nicht überwunden wird. Schwarzpulver würde aufflammen, ohne das Kartenblatt zu durchschlagen.

*) Zur Ermittlung der Brisanz eines Sprengstoffes wird gewöhnlich der Brisanzmesser von Trauzl verwendet. Es ist dies ein Bleicylinder von 200 *mm* Höhe und Durchmesser mit centrischer Bohrung von 20 *mm* Durchmesser und 120 *mm* Tiefe. Zur normalen Ladung werden 20 *g* des Sprengstoffes verwendet. Die Explosion treibt die Bohrung birnförmig auf, denn der obere Theil der Bohrung, welcher durch einen Bleistöpsel verdämmt und durch eine Einspannvorrichtung gefasst wird, erweitert sich weniger. Die Grösse des gebildeten Hohlraumes, getheilt durch das Volumen des angewendeten Sprengstoffes, liefert eine Zahl, welche um so grösser ist, je grösser das Arbeitsvermögen des Explosivs.

Das Laden des Bohrloches geschieht in der Weise, dass man die Patrone bis auf den Boden des Bohrloches schiebt und dort zusammendrückt. Bei trockenem Bohrloche kann dies so kräftig geschehen, dass die Papierhülse platzt, wodurch sich der Sprengstoff dicht an die Bohrlochwand anschliesst und die Wirkung gesteigert wird. Nach Bedarf können mehrere Patronen hintereinander in das Bohrloch eingeführt und angedrückt werden.

Die Verbindung der letzteingeführten Patrone mit der Zündkapsel und der Zündschnur erfolgt in der in Fig. 148 und 149 angegebenen Weise. Die Zündschnur, von der dem Bohrloche entsprechenden Länge, wird an einem Ende scharf abgeschnitten, mit diesem Ende in das Zündhütchen *zz* (Fig. 148) mit Knallquecksilberfüllung eingeschoben und durch Ankneipen bei *a* mittelst einer Zange festgeklemmt. Hierauf wird das Zündhütchen in das Explosiv der letzteinzuführenden Patrone nach Fig. 149 eingesetzt und die Zündschnur an die Patronenhülse bei *b* festgebunden. Gutes Anklemmen der Zündschnur im Zündhütchen bedingt einerseits sichere Zündung, andererseits kräftigere Wirkung des Knallquecksilbers; richtige Verbindung, wie Fig. 149 zeigt, ist erforderlich, da die freie Zündschnur nicht die Sprenggelatine oder das Dynamit berühren darf, indem hierdurch bloss ein Abbrennen des Schusses, mithin keine Explosion erfolgen könnte.

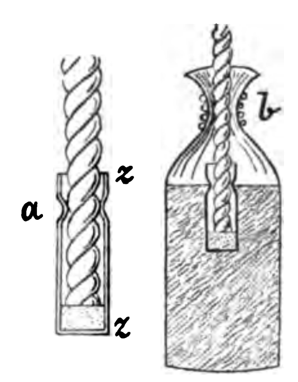


Fig. 148. Zünder. Fig. 149. Sprengpatrone.

Die fertige, nach Fig. 149 hergestellte Zündpatrone wird vorsichtig in das Bohrloch bis auf den übrigen Theil der Ladung eingeführt ohne dieselbe festzupressen und hierauf der Versatz eingebracht.

Ist das Bohrloch nass, so müssen Dynamitpatronen durch Theer- oder Fettüberzug vor dem Eindringen von Wasser geschützt werden, auch ist die obere Oeffnung des Zündhütchens mit Wachs oder Fett zu verschliessen.

Eine wesentlich vermehrte Wirkung und bedeutende Kostenersparniss wird erzielt, wenn die Anlage der Sprengschüsse derart stattfindet, dass die Wirkung der einzelnen Ladungen bei der Explosion sich gegenseitig unterstützt, was durch eine combinierte Anlage der Bohrlöcher und durch gleichzeitige elektrische Zündung der Ladungen stattfindet. Man kann hierdurch in vielen Fällen mit derselben Explosivmenge die doppelte Wirkung erzielen, als wenn

die einzelnen Ladungen mittelst Zündschnüre auf gewöhnliche Art abgefeuert werden. Wo dies thunlich ist, sollen daher die Sprengungen mittelst des elektrischen Funkens vorgenommen werden.

Die elektrische Zündung kann durch den elektrischen Funken oder durch das Erglühen eines dünnen Drahtes erfolgen. In der Regel bedient man sich bei Sprengungen der Funkenzündung. Die Zündmaschine ist dann eine Reibungselektrisiermaschine; an diese schliesst sich die Leitung, welche zum elektrischen Zünder führt. Ein solcher Zünder, System Trawniczek, ist in Fig. 150 dargestellt. Der Messingdraht *mm* ist mit einer Masse *a* so umgossen, dass die abgebogenen, gegeneinander gerichteten Drahtenden aus dieser Masse vorstehen und von einer Zündmischung umgeben sind. Springt der elektrische Funke über, so entzündet sich zunächst die Zündmischung und durch diese kommt die Zündkapsel *K* zur Explosion welche, in das Dynamit der Zündpatrone (Fig. 149) eingelassen, nun diese und die übrige Ladung zur Explosion bringt. Natürlich müssen die Drähte *mm*, sowie die Drähte der Leitung voneinander isoliert sein und ist bei der gleichzeitigen Entzündung vieler Patronen alle Vorsicht auf die gehörige, gut leitende Verbindung der Drähte zu nehmen. Vor Herstellung dieser Verbindung sind die einzelnen Bohrlöcher in der gewöhnlichen Weise mit Besatz zu versehen. Die Drahtenden ragen aus dem Bohrloche hervor, werden dann blank gemacht und geeignet in die Leitung eingeschaltet, und zwar hintereinander, d. h. man verbindet den ersten Draht des ersten Bohrloches mit der Hinleitung, den zweiten durch einen Zwischendraht mit dem ersten Drahte des zweiten Bohrloches, den zweiten Draht desselben durch einen Zwischendraht mit dem Zünder im dritten Bohrloche u. s. f., bis der zweite Draht des Zünders des letzten Bohrloches mit der Rückleitung verbunden ist.

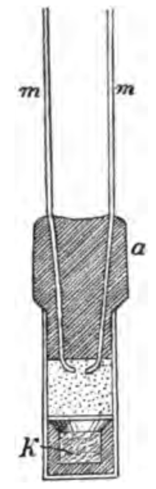


Fig. 150. Trawniczeks Zünder.

Als Zündpatrone für die Kriegs-Sprenggelatine muss nach Prof. Gintl eine aus einer Mischung von 60 % Nitroglycerin und 40 % Nitrohydrocellulose hergestellte besonders stark wirkende Patrone verwendet werden.*)

Aus einer Abhandlung Prof. v. Rziha's seien noch nachstehende Angaben beigefügt. Die Leistungsfähigkeit gleicher Gewichtsmengen Schwarzpulvers und Guhrdynamits verhalten sich wie 1 : 2·77 jene von Guhrdynamit zu Gelatinedynamit wie 1 : 1·4.

Es entwickelt 1 *kg*	Calorien	Theoretische Arbeit in Meterkilogramm	Anmerkung
Schwarzpulver (Sprengpulver)	570	242.000	hiervon beim Sprengen etwa $^1/_7$ nutzbar.
Guhrdynamit	1290	548.000	
Gelatinedynamit	1804	617.000	

Es erklärt sich hiernach leicht, dass man an Sprenglöchern spart, wenn ein kräftigeres Explosiv genommen wird. Der Abstand der Sprenglöcher von einander beträgt bei Sprengpulver $^3/_4$ der Bohrlochtiefe, bei Guhrdynamit 1, bei Gelatinedynamit $1^1/_2$.

	Lochtiefe Centimeter	Lochdurchmesser Millimeter
Schwarzpulver	30— 50	27—33
	50— 80	33—40
	80—120	40—50
Dynamit	30— 50	22—25
	50— 80	25—30
	80—120	30—40

Reine Bohrarbeit per 1 cm^3 (Bohrfestigkeit)

bei mildem Sprenggesteine rund 20 *mkg*

„ festem „ „ 40 „

„ sehr festem „ „ 80 „

Für 1 *m* Bohrlochtiefe beträgt die Bohrzeit, bezogen auf die Schicht als Einheit

$$z = \frac{0{\cdot}36\ \frac{\pi\delta^2}{4}.\ 100.\ (\text{Bohrfestigkeit})}{127500},\ \delta \text{ in } cm \text{ gemessen,}$$

wobei die Zahl 0·36 den Bruchtheil der Muskelarbeit bedeutet, welcher an der Schneide wirksam wird; die Zahl 127500 die Arbeit eines Häuers in Meterkilogramm pro Schicht, und $\frac{\pi\delta^2}{4}$. 100 die Zahl der erbohrten Kubikcentimeter.

*) Literatur: Die Sprengtechnik im Dienste des Bau- und Bergwesens, der Land- und Forstwirthschaft mit ihren wesentlichsten Hilfsmitteln von Jul. Mahler, Wien, Lehmann & Wentzel. — E. Rziha: Tunnelbau, 2. Aufl. 1874. — Techn. Unterricht für die Geniewaffe, Wirkung der Minen, Hof- und Staatsdruckerei, Wien. — Oesterr. militär. Zeitschrift. Näheres über Sprenggelatine s. F. Hess, „Ueber ein neues Kriegs-Sprengmittel", Wien 1878. — Karmarsch-Heeren, techn. Lexikon. III. Aufl. Art. Explosivstoffe und Sprengen.

i Volumen des abgesprengten Gesteines in Kubikmetern, $i = \alpha t^3$, t Bohrlochtiefe.
Die Werthe von α hängen vom Sprengmittel und von der Art der Gesteinsverspannung ab und es kann

beim bergmännischen Baue bei Pulver $\alpha = 0{\cdot}74$
„ „ „ Dynamit $\alpha = 1{\cdot}48$
„ Tagbaue „ Pulver $\alpha = 2{\cdot}60$
„ „ Dynamit $\alpha = 5{\cdot}20$ genommen werden.

Gewinnungskosten für 1 m^3	Kalkstein	sehr festen Syenit und Granit
bei Anwendung von Pulver	fl. 4·40	7·04
„ „ „ Guhrdynamit	„ 2·34	4·10
„ „ „ Gelatine	„ 2·12	—

Das Spalten.

Das Spalten, Abspalten, Absprengen ist eine Trennungsarbeit, welche mittelst keilförmiger Werkzeuge bei verschiedenen Materialien — Stein, Schiefer, Holz — zur Anwendung kommt. Bei der Baustein- insbesondere der Quadergewinnung muss nicht selten

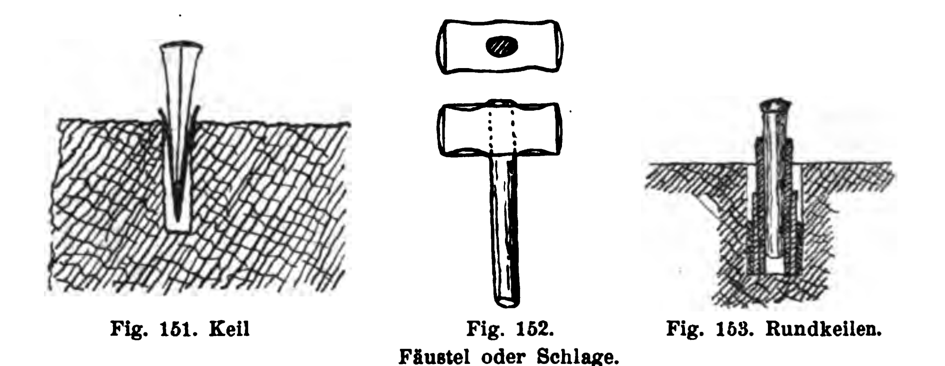


Fig. 151. Keil Fig. 152. Fäustel oder Schlage. Fig. 153. Rundkeilen.

vom Sprengen abgesehen werden, weil hierdurch die Bruchstücke zu unregelmässig ausfallen. Der zu lösende Quader muss durch vorsichtiges Sprengen und theilweise auch durch Arbeit mit der Keilhaue aus dem natürlichen Verbande bis auf eine einzige Seitenfläche gelöst werden. Längs dieser gewünschten Trennungsfläche arbeitet man dann eine Furche, Schlitz oder Schramm ein und durch das Eintreiben von Keilen in dieselbe (Fig. 151) sucht man den Quader als ein Stück abzutrennen. Die Keile werden in grösserer Zahl gleichzeitig angewendet, indem man sie in den Schramm in kleinen Abständen einsetzt und durch leichte Schläge einzutreiben sucht, wobei je nach der Grösse des abzutrennenden

Quaders oft mehrere Arbeiter gleichzeitig arbeiten. Zum Eintreiben wird ein Fäustel oder Schlage verwendet, von etwa 5 *kg* Gewicht (Fig. 152). Zur Schonung des Schlitzrandes ist die Zwischenlage eines Vförmig gebogenen Bleches, wie Fig. 151 zeigt, zu empfehlen. In ähnlicher Weise spaltet man durch die Wirkung einer Reihe von Keilen, welche in gerader Linie aufgesetzt werden, auch Granitblöcke.

Beim sogenannten Rundkeilen werden nach der beabsichtigten Spaltrichtung in Abständen von etwa 200 *mm* Löcher ge-

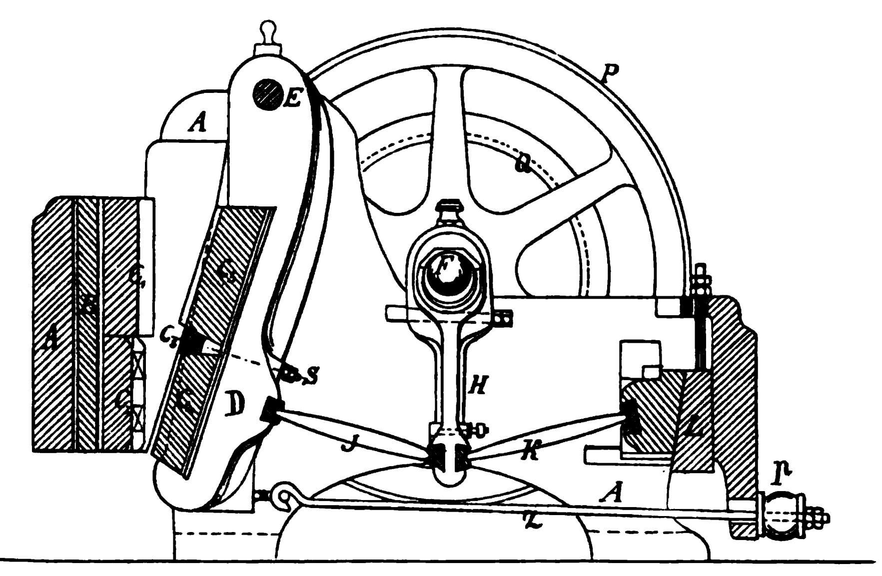


Fig. 154. Steinbrechmaschine nach Blake.

bohrt. In diese Löcher werden segmentförmige Blechstreifen eingeschoben, wie dies Fig. 153 darstellt und schliesslich nahezu cylindrische Keile eingetrieben. Hier findet die Pressung vorwaltend nahe am Boden des Loches statt und die Gefahr des Abbrechens des Schlitzrandes ist hierdurch beseitigt.*)

Zum Spalten des Dachschiefers werden besonders gestaltete, sehr dünne Keile angewendet. S. Prechtl, technol. Encyklopädie.

Das Spalten von Holz erfolgt nicht nur bei der Herstellung von Brennholz, sondern auch für gewisse Nutzhölzer, z. B. Dach-

*) Siehe Karmarsch-Heeren, techn. Wörterbuch, III. Aufl., Bd. 8, S. 453 etc. Daselbst finden sich weitere Literaturangaben.

schindeln, weil vom Spaltholz das Wasser besser abfliesst, dasselbe daher dauerhafter ist als gesägtes Holz oder Schnittholz.

Steinbrechen, Steinbrecher.

Das Zerbrechen der Steine zum Zwecke der Schottergewinnung, der Aufbereitung der Erze u. dgl. erfolgt mittelst sogenannter Steinbrecher, indem gegen einen festgestellten Brechbacken mittelst eines beweglichen Brechbackens die Steine angedrückt und zufolge der Backenrippen auf Bruch beansprucht, mithin gebrochen werden.

Fig. 154 zeigt einen Steinbrecher Blake'schen Systems. Der festgestellte Brechbacken ist bei C_1 C_2, der bewegliche bei C_3 C_4 ersichtlich. An der Stahlwelle F, welche etwa 100 Touren macht, sitzt die Riemenscheibe Q, das Schwungrad P und ein Excenter, welches der Excenter- oder Zugstange H die Bewegung ertheilt. HJK wirkt als Kniehebel und sind die Gelenkstützen JK in Stahllager eingelegt, von welchen das eine durch den Stellkeil L adjustiert werden kann, während das zweite in den um E schwingenden Hebel D eingesetzt ist. Die in dem kräftigen Gussständer A eingesetzten festen Brechbacken C_1 C_2 lassen sich durch Adjustierung der Stützplatte B richtig einstellen. Die Befestigung der Brechbacken C_3 C_4 im Hebel D erfolgt durch den Keil C_5 und zwei Schrauben S. Die Rückbewegung des Hebels D erfolgt theils durch sein Eigengewicht, theils durch die Zugstangen z und die Kautschukpuffer p. Die gerippten Brechbacken sind aus Hartguss. Als durchschnittliche Leistung für Strassenschotter kann 1 bis 1·5 Tonne pro Stunde und Pferdekraft angenommen werden.

Die Stampf- oder Pochwerke.

Stampfwerke oder Pochwerke sind Zerkleinerungsmaschinen, bei welchen vertical geführte Stössel, Pochstempel oder Stampfen gegen das in einem Troge (Stampftrog, Pochtrog) befindliche zu zerkleinernde Gut durch freien Fall wirken.

Der Hub der Pochstempel erfolgt durch Hebedaumen, welche mit ihrer Welle (Daumenwelle) rotieren und die Stampfen an einem Ansatze (Hebelatte, Hebling) fassen. Hierbei findet bei viereckigen hölzernen Stampfen nur ein Heben, bei cylindrischen eisernen Stempeln mit scheibenförmigem Hebling zugleich ein Drehen statt.

Das untere Stampfenende (Schuh) ist häufig aus Stahl, desgleichen sind in den Pochtrog stählerne Stücke eingesetzt, gegen

welche die Stempel arbeiten, und ist der Pochtrog mit Eisenblech ausgekleidet.

Das Gewicht der Pochstempel wird zur Erzzerkleinerung zwischen 50 und 250 *kg* gewählt, die Hubhöhe zwischen 15 bis 52 *cm*. Gewicht mal Hubhöhe gibt die Arbeit eines Schlages, und dividiert man dieses Product durch die Flächengrösse des Pochschuhes, ausgedrückt in cm^2, so erhält man die specifische Schlagarbeit. Nach Rittinger soll dieselbe für hartes Gestein 0·2 *mkg*, für brüchiges 0·1 *mkg* betragen. Die von der Hubhöhe abhängige Schlagzahl wechselt zwischen 30 bis 100 in der Minute. Die Hubgeschwindigkeit kann als constante Grösse und mit 30 bis 50 *cm* angenommen werden.

Man kann einen oder mehrere Stempel, bis neun, in einem Pochtrog arbeiten lassen, trocken oder nass stampfen. Die Nasspochwerke werden auf Erz deshalb häufig angewendet, weil der Wasserzufluss die Abführung des feinen Gutes erleichtert, welches mit dem Wasser durch Siebe entfernt wird, welche in den Pochtrogwänden entsprechend eingesetzt sind. Hierdurch ist es möglich, das Pochgut annähernd in jener Korngrösse abzuführen, welche man erlangen will.

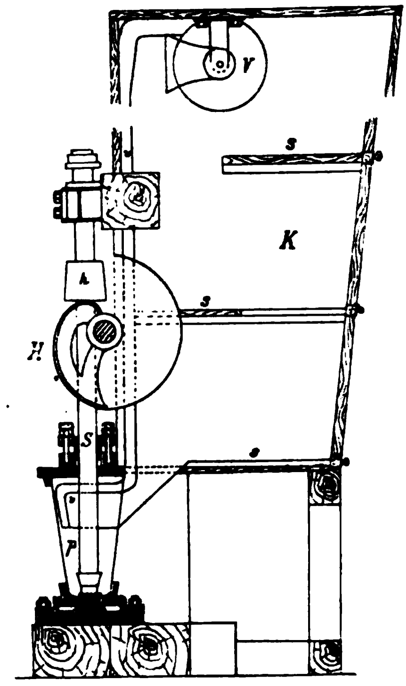


Fig. 155. Brocat-Stampfwerk. *H* Hebedaumen, *h* Hebling, *S* Pochstempel *p* Pochtrog, *K* Kasten, *V* Ventilator, *s* Schieber.

Behufs gleichmässigeren Kraftbedarfes erfolgt das Heben der Stempel in regelmässiger Aufeinanderfolge und sind deshalb die Hebedaumen entsprechend versetzt aufgekeilt. Dieselben sind meist nach einer Evolvente gekrümmt.

Die Drehung der cylindrischen Stempel beim Hube gewährt den Vortheil, dass stets andere Punkte des Schuhes gegen dieselbe Stelle im Stampftroge treffen und hierdurch eine gleichmässigere Abnützung der Schlagflächen erfolgt.

Stampfwerke stehen zur Erzzerkleinerung, als Gypsstampfen, zur Erzeugung von Brocat (Bronzefarben) und für ähnliche Zwecke

in Verwendung; ehemals waren sie noch viel mannigfacher, z. B. auch zur Herstellung des Papierzeuges unter der Benennung Stampfgeschirr, zur Zerkleinerung der Oelsamen u. s. w. in Verwendung.*) Zum Zwecke der Herstellung von Bronzefarben, jenen äusserst feinen Metallstäubchen, welche als Malergold oder Brocatfarben zum Bronzieren Anwendung finden, sind sie unentbehrlich, weil durch das fortgesetzte Schlagen die Metallblättchen so hart und steif werden, dass sie in feinste Splitter zerfahren. Die Fig. 155 stellt eine Brocatstampfe dar bei welcher durch einen Ventilator *V* Luft in den Pochtrog geblasen wird, um die feinen Metallstäubchen in den Kasten *K* zu führen, in welchem sie sich nach ihrer Feinheit, die kleinsten in den obersten Abtheilungen, ablagern.

Mörser, Mörsermühlen und konische Mühlen.

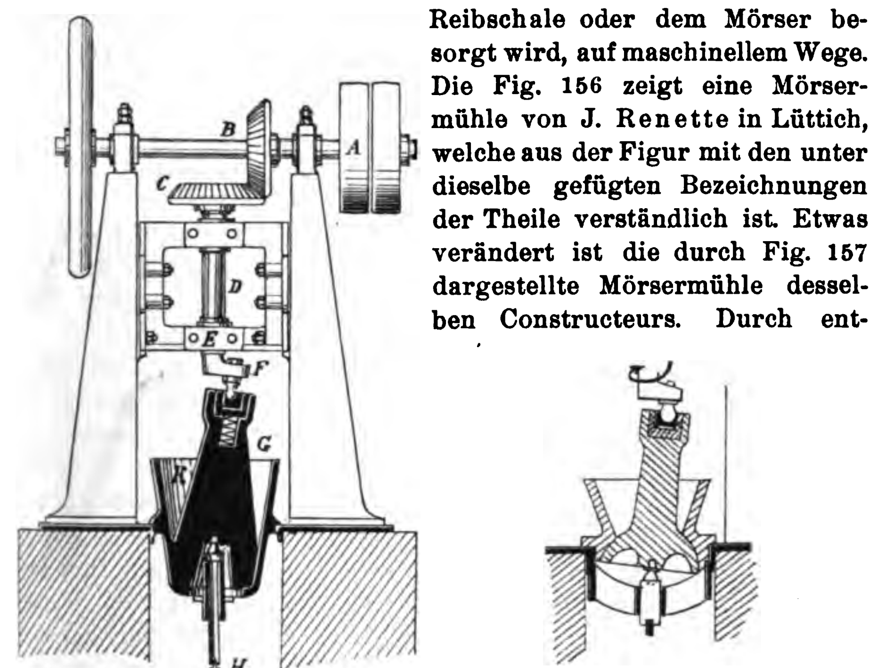
Der Mörser ist ein gusseisernes oder messingenes Hohlgefäss, in welchem die Verkleinerung meist durch Zerstampfen des Materials mittelst des Stössels, seltener durch Reibung erfolgt. Die Form des Mörsers, unten cylindrisch, gegen oben etwas erweitert, bedingt, dass das Material, welches theilweise dem Stosse des unten etwas abgerundeten Stössels ausweicht, bei Hebung desselben wieder gegen die Arbeitsfläche hinkollert. Damit das gesammte Material allmählich getroffen wird, hat man die Stösse abwechselnd auf die verschiedenen Theile der Bodenfläche des Mörsers fallen zu lassen. Nicht selten bedient man sich auch mit Vortheil einer mehr schwingenden Bewegung des Stössels, wobei man mit ihm an einer Seitenwand hinabfährt, ihn an der entgegengesetzten Wand aufwärts zieht, an dieser niederstösst u. s. w., wobei man darauf Rücksicht zu nehmen hat, dass der Stössel allmählich rundum niedergeführt wird und so thunlichst gleichmässig arbeitet, was durch concaven Boden erleichtert wird.

Zum Pulverisieren sehr harter Steine bedient man sich in Laboratorien, sowie bei Herstellung gewisser, sehr werthvoller Schleifpulver (Demantstaub) kleiner Mörser, deren cylindrischer Stempel genau in den abhebbaren Mantel des Pulverisators einpasst und durch Hammerschläge gegen das zu verkleinernde Material getrieben wird. Mörser und Stempel bestehen aus gehärtetem Stahle.

*) Siehe Näheres in Karmarsch-Heeren's technischem Wörterbuch, Bd. 7, S. 83; in Rittinger's Aufbereitungskunde und ihren Nachträgen; in Althaus, Entw. d. mech. Aufbereitung, Berlin 1878; Prechtl's technol. Encyklop., Bd. 16, S. 1 bis 105.

Die Reibschale, meist aus Porzellan, zuweilen auch aus Achat oder Metall, unterscheidet sich vom Mörser der Form nach, dieselbe ist nahezu eine Hohlhalbkugel. Der Stempel oder das Pistill wird im Kreise bewegt oder man führt ihn unter Druck quer von der Wand gegen die Mitte. Man thut gut, mit kleinen Materialmengen zu arbeiten, weil hierdurch die Verkleinerung rascher besorgt wird. Die Wirkung zwischen den unglasierten Arbeitsflächen ist eine zerreibende.

Mörsermühlen verrichten dieselbe Arbeit, welche in der Reibschale oder dem Mörser besorgt wird, auf maschinellem Wege. Die Fig. 156 zeigt eine Mörsermühle von J. Renette in Lüttich, welche aus der Figur mit den unter dieselbe gefügten Bezeichnungen der Theile verständlich ist. Etwas verändert ist die durch Fig. 157 dargestellte Mörsermühle desselben Constructeurs. Durch ent-



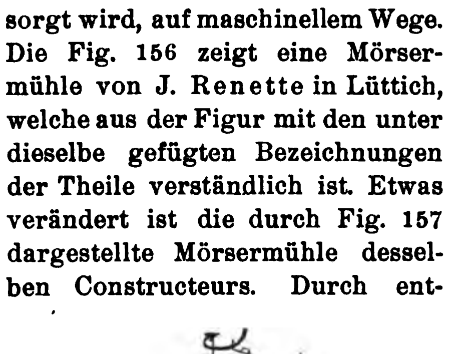


Fig. 156. Mörsermühle. *K* Mörser, *G* Reiber, *H* Hebzeug, *E* Lager, *A B, C, D, E, F* Antriebsmechanismus.

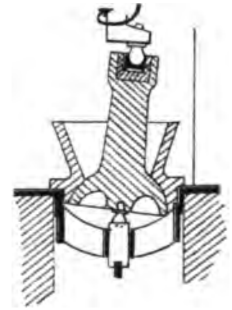


Fig. 157.

sprechende Benützung des Hebzeuges *H* lässt sich der Abstand zwischen Reiber und Mörser nach der beabsichtigten Verkleinerung einstellen. Der obere Theil des Reibers oder der Birne wirkt brechend auf grössere Materialstücke. Die Verkleinerungswirkung wird meist durch Riffelung des Reibers und Mörsers befördert. Bei 250 Touren und oberem Mörserdurchmesser von 550 *mm* sollen mit einem Kraftverbrauche von 6 bis 8 Pferdekräften stündlich 3000 *kg* Cementbrocken in Stückchen von 4 bis 5 *mm* und 600 *kg* zu Pulver unter 1 *mm* Korn verkleinert werden.

Den Mörsermühlen sehr verwandt sind die konischen Mühlen, bei welchen der arbeitende Kegel lediglich eine rotierende Bewegung erhält. Der Arbeitskegel, sowie das Gehäuse oder der Ring sind geriffelt und die Wirkung ist eine abscherende und brechende. Fig. 158 zeigt eine gute Anordnung, wie sie zum „Mahlen" von Kaffee und Gewürzen in Anwendung steht, doch ist der umhüllende Kasten, sowie die Blechschale zur Aufnahme des Gutes nicht gezeichnet. Fig. 159 stellt die arbeitenden Theile, Arbeitskegel oder Glocke *G* und Hohlkegel oder Ring *R* einer Lohemühle dar. Die Achse der Glocke ist vertical stellbar, wie dies S. 211 beim Mahlgange besprochen werden wird, auch der Antrieb erfolgt ähnlich.*)

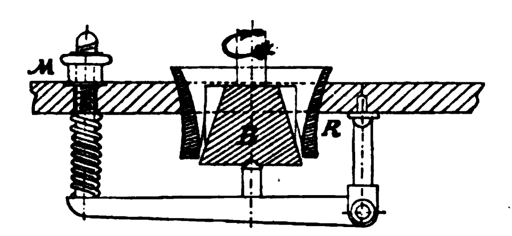


Fig. 158. Konische Mühle.

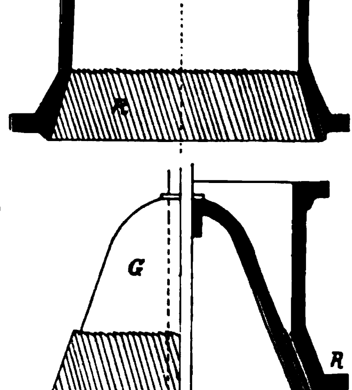


Fig. 159. Konische Mühle für Lohe.

Kugelmühlen.

Kugelmühlen sind Verkleinerungsmaschinen, bei welchen in der Regel rollende, zuweilen auch aus geringer Höhe fallende gusseiserne Kugeln die Arbeit verrichten. Meist werden die Kugeln dadurch zum Rollen, beziehungsweise zur Wirkung gebracht, dass das Gefäss, in welchem sie sich mit der zu zerkleinernden Substanz befinden, in langsame Umdrehung gesetzt wird. Die Tourenzahl des Gefässes ist an die Bedingung geknüpft, dass die Fliehkraft stets kleiner als die Schwerkraft bleiben muss, denn wird die Fliehkraft grösser, so rotieren die Kugeln mit dem Gefässe an dasselbe angedrückt, ohne auf seiner Innenfläche zu rollen. Vgl. Sieben, S. 233.

*) Konische Mühlen werden auch öfter zum Farbenreiben angewendet und hat J. K. Kratz in Barmen die Anordnung so getroffen, dass sich ein mit Löchern versehener gusseiserner Hohlkegel in einem hierzu genau passenden gusseisernen Mantel dreht und ein dritter Kegel in entgegengesetzter Richtung im erstgenannten arbeitet. (D. R. P. 19.392.)

Die Kugelmühlen eignen sich vorzüglich zur Herstellung feinen Pulvers aus spröden, nicht zu festen Materialien, wie Kohle, Erdarten, Farben u. dgl.

Das Gewicht der Kugeln, welche gleichzeitig meist in verschiedenen Grössen in Anwendung kommen, wird gewöhnlich zwischen 100 *g* und 5 *kg* genommen, doch sind auch Kugelmühlen mit nur einer sehr grossen Kugel in Anwendung gekommen.

In Giessereien stehen Kugelmühlen meist von der Form in Gebrauch, dass in einer langsam rotierenden cylindrischen Trommel viele Kugeln und die zu verkleinernde Kohle sich finden. Das Austragen der pulverisierten Kohle ist unbequem. Hierfür hat Hanctin eine Anordnung von continuierlicher Wirkung erdacht, welche darin besteht, dass in einem feststehenden gusseisernen Mantel *m* (Fig. 160) von etwa 2 *m* Länge ein gusseiserner Cylinder *C* rotiert, welcher eine grosse Zahl von Löchern besitzt, in welchen je eine gusseiserne Kugel ihren Sitz hat. Die Kugeln werden durch die Drehung des Cylinders mitgenommen und rollen hierbei auf der Innenfläche des Mantels. An einer Seite des Mantels befindet sich oben der Einlauf, am Gegenende unten der Auslauf. Werden nach Angabe 80 Touren verwendet, bei einem Cylinderdurchmesser von 370 *mm*, so liegen die Kugeln stets durch ihre Fliehkraft an der Mantelinnenfläche an, rollen aber dessenungeachtet, weil der Mantel feststeht.



Fig. 160.

Um in einem Falle anzudeuten, wie ausserordentlich mannigfach die Ausführungsformen solcher Maschinen sein können, seien in der Anmerkung die Nummern der deutschen Reichspatente über Kugelmühlen angegeben. *)

Mahlgänge.

Zu den meist gebrauchten Verkleinerungsmitteln gehören die Mahlgänge. Zwei scheibenförmige Steine wirken mit ihren einander zugekehrten ebenen Flächen, den Mahlflächen, auf das zu zerkleinernde, zwischen diese Flächen gebrachte Material. Nahezu ausschliesslich sind die Mahlflächen horizontal angeordnet. Je nachdem der obere oder der untere Stein der bewegte, rotierende ist, unterscheidet man oberläufige oder unterläufige Mahlgänge.

*) 795, 10.700, 16.174, 21.826, 22.846, 23.069, 34.167, 36.858, 39.066, 42.365, 43.676, 45.583, 47.477, 49.750, 51.039, 53.382, 53.592, 55.335, 56.163, 61.938, 62.757, 62.871, 64.466, 66.444, 69.376, 71.916, 71.919, 75.041, 76.031, 80.411, 80.549, 81.500, 84.325, 84.510, 88.077, 89.885, 90.339.

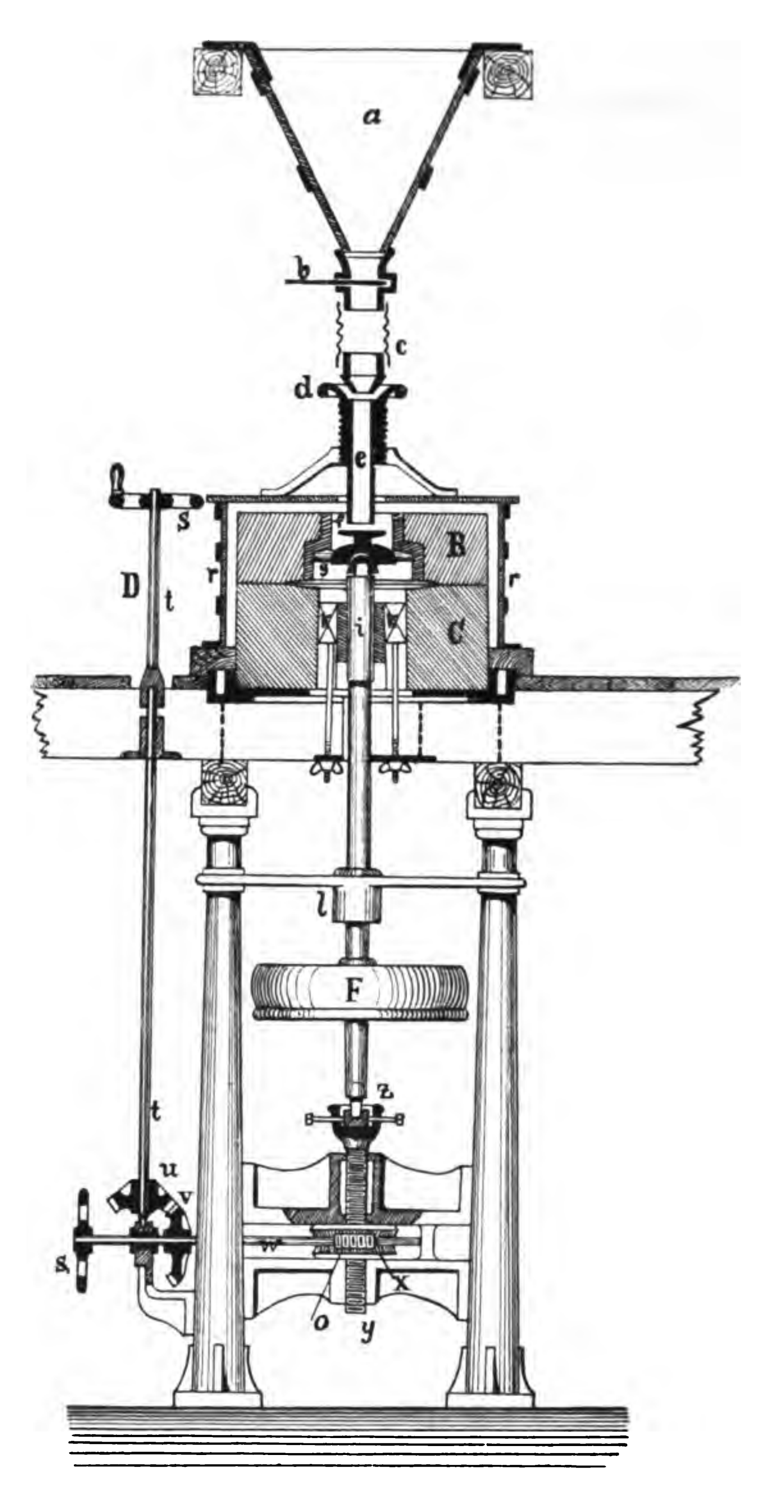


Fig. 161. Oberläufiger Mahlgang.

Die nebenstehende Fig. 161 zeigt einen modernen Mahlgang im Verticalschnitte; die wesentlichsten Theile sind: Der festliegende Unter- oder Bodenstein *C*, der Oberstein oder Läufer *B*; die Mühlspindel *i* auf welcher mittelst der sogenannten Haue *g* der Läufer ruht und die rotierende Bewegung der Mühlspindel mitmacht; die Steinstellung, das sind jene Theile *SS*, *t u v w o x y z*, mittelst welcher die Mühlspindel und dadurch der Läufer gehoben, der Abstand der Mahlflächen reguliert werden kann; und endlich die Mahlgutzuführung, welche aus Gosse *a*, Schieber *b*, Schlauch *c*, dem stellbaren Rohre *de* und dem Wurfteller *f* besteht.

Aus Figur 161 ist ersichtlich, dass die Mühlspindel unten in der Pfanne *z*, oben im Bodensteine in der Büchse *K* gelagert ist, das Halslager *l* bezweckt eine Durchbiegung der Spindel infolge der Riemenspannung zu hindern. *F* ist die Riemenscheibe. Die

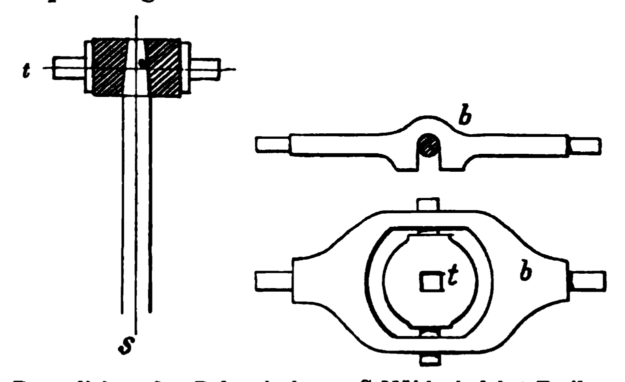


Fig. 162. Bewegliche oder Balancierhaue, *S* Mühlspindel, *t* Treiber, *b* Bügel.

Mühlsteine sind von einem Kasten (Zarge) *r* gedeckt, welcher das verkleinerte, rundum ausgeworfene Mahlgut auffängt und seine continuierliche Abfuhr durch ein entsprechend angebrachtes Ablaufrohr (Mehlloch) gestattet. Die Tourenzahl beträgt 100 bis 130, die Umfangsgeschwindigkeit etwa 1·7 *m*.

Bei den neueren Mahlgängen ist die Verbindung zwischen Läufer und Mühlspindel nicht durch ein starres Stück (feste Haue), sondern durch zwei gelenkige Stücke, die bewegliche Haue, verbunden; das erstere, der Treiber *t* (Fig. 162), sitzt fest auf der Mühlspindel, das zweite, der Bügel *b*, sitzt mit seinen Lagern auf den Zapfen des Treibers und trägt seinerseits auf Zapfen die Lager des Obersteines. Die Treiberzapfenachse steht senkrecht auf der Bügelzapfenachse, und somit kann der Läufer um zwei aufeinander senkrechte Achsen schwingen, d. h. nach Bedarf an jeder Stelle ausweichen. Die bewegliche Haue ist somit als Compassgelenk aufzufassen.

Der oberläufige Mahlgang ist mechanisch sehr glücklich construiert, indem die Reibungswiderstände sehr geringe sind, nahezu lediglich in der Pfannenreibung bestehen. Diese Reibungsarbeit ist abhängig von dem Zapfendurchmesser, der Tourenzahl und der Pressung.

Die Pressung in der Pfanne ist gleich dem Gewichte des Steines weniger der verticalen Reaction des Mahlgutes, sie ist daher gerade dann gering, wenn der Stein kräftig arbeitet.

Bei einem unterläufigen Mahlgange ist der obere Stein festgestellt, der untere Stein ruht auf der Mühlspindel und wird mit ihm gehoben, der verticale Pfannendruck ist daher gleich dem Steingewichte mehr der auf das Mahlgut ausgeübten Pressung. Dies ist die Ursache, dass die Mühlpfanne des Unterläufers ausserordentlich leicht heiss läuft wobei so bedeutende Erhitzungen eintreten können, dass sich die stählerne Pfanne mit dem stählernen Spurzapfen der Mühlspindel verschweisst.

Nach Früherem wissen wir, dass das Mahlgut durch das Rohr *e* auf den Wurf- oder Streuteller *f* gelangt. Je näher das Rohr an den Teller gerückt wird, desto geringer ist die Zuführung. Auf der in das Steinloch des Bodensteines eingesetzten Verschlussplatte (Blech) lagert sich kegelförmig Material und das neu zugeführte rutscht über diesen Kegel gegen die Innenfläche des Läufers. Derselbe ist, wie Fig. 161 zeigt, so bearbeitet, dass seine untere Fläche allmählich in die horizontale Fläche, die Mahlfläche, übergeht. Der Läufer besitzt also den sogenannten Schluck und sowohl er wie der Bodenstein sind ferner mit Furchen, Hauschlägen, Luftfurchen, versehen, welche das Einziehen des Mahlgutes befördern. Die Hauschläge können verschieden gestaltet sein; ihr Zweck ist einerseits das Einziehen des Mahlgutes zwischen die Mahlflächen, andererseits die Zerkleinerung desselben. Zwischen den Hauschlägen sind auf der Mahlbahn die sogenannten Sprengschläge, weit feinere Furchen, angebracht. Fig. 163 zeigt ein Stück der Mahlbahn des Läufers oder des Bodensteines mit geraden Furchen, die sogenannte Felderschärfe. Fig. 164 zeigt einen Schnitt in natürlicher Grösse, und die Bewegungsrichtung, welche der Pfeil weist, lässt erkennen, dass die Furchenwände quetschend einwirken.

Die Furchen des Untersteines sind stets mit feinem Mahlgute angefüllt, aber ihre Kanten wirken dennoch quetschend und theilend auf das Mahlgut.

Der Weg, welchen das Mahlgut zwischen den Steinen durchläuft, ist bei dem oberläufigen Gange als eine mehrmals gewun-

dene Spirale, beziehungsweise eine aus kurzen tangentialen Geraden zusammengesetzte, einer mehrfachen Spirale ähnliche Linie zu betrachten; beim unterläufigen Mahlgange ist der Weg ein viel

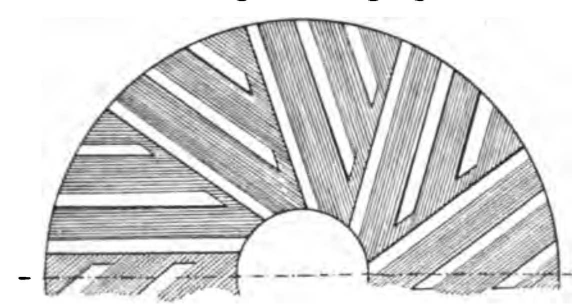


Fig. 163. Felderschärfe.

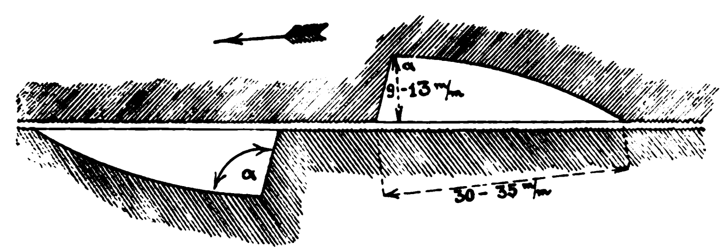


Fig. 164. Furchenquerschnitt in natürlicher Grösse.

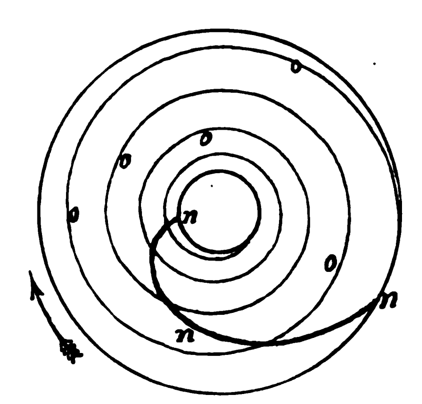


Fig. 165. Weg des Mahlgutes, nach *oo* beim oberläufigen, nach *uu* beim unterläufigen Mahlgang.

kürzerer, von einer Gestalt, welche sich der Kreisevolvente nähert. In Fig. 165 kann die Linie *oo* den Mahlgutweg beim Oberläufer, die Curve *uu* jene beim Unterläufer darstellen.

Der Läufer soll mit seiner Mahlfläche stets genau parallel zur Mahlbahn des festen Steines laufen. Ob diese Bedingung erfüllt

ist, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man die Zarge abhebt und bei etwas gehobenem rotierendem Läufer (Oberstein) zwischen den Mahlflächen hindurchblickend ein Licht betrachtet (Fig. 166). Erscheint die Spalte bald weiter, bald enger, so läuft der Stein unrichtig, bleibt sie unverändert hoch, so läuft er richtig. Letzteres ist bei beweglicher Haue nur dann der Fall, wenn sich die Fliehkräfte der Massentheilchen des Steines in Bezug auf die Rotationsachse vollkommen aufheben.

Gleichgewicht (in der Ruhe) genügt nicht, denn fügen wir zu einem Steine von vollkommen gleichartiger Massenvertheilung zwei gleiche Massen mm so zu, wie Fig. 167 zeigt, so wird in der Ruhe das Gleichgewicht nicht gestört, der Stein bleibt äquilibriert, bei der Rotation hingegen kommen die beiden Fliehkräfte ff hinzu, welche sich nicht aufheben, sondern zunächst eine Schiefstellung des Steines bewirken werden.

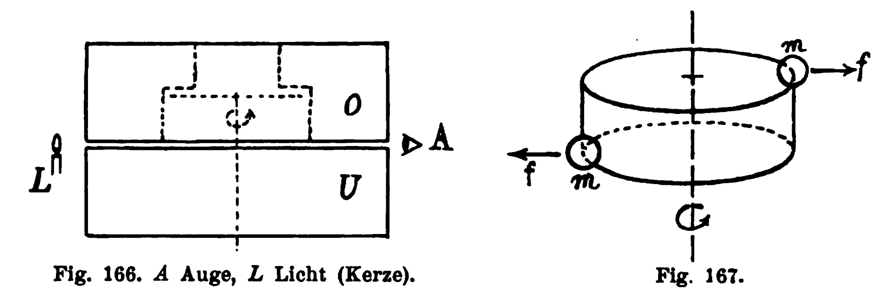


Fig. 166. *A* Auge, *L* Licht (Kerze). Fig. 167.

Es muss der Läufer nicht nur äquilibriert sein, sondern es muss seine Rotationsachse zugleich auch eine der freien Achsen des Körpers sein.

Stellt sich ein äquilibrierter Läufer bei der Rotation schief, so ist dies die Folge eines ablenkenden Kräftepaares und man muss ein gleiches entgegengesetztes beifügen, um die erforderliche Correctur zu erreichen. Die Ebene, in welcher das ablenkende Kräftepaar wirkt, ist leicht gefunden, denn führt man dem rotierenden Läufer von unten ein Stückchen Kreide langsam zu, so färbt dasselbe an der tiefsten Stelle ab und durch diese und die Achse lässt sich eine Ebene gelegt denken, in welcher jenes Kräftepaar liegt.

Durch Zufügung zweier Massen, welche ein gleiches entgegengesetztes Kräftepaar liefern, lässt sich der Stein in richtigen Gang bringen.

Mathematisch stellt sich die Sache in folgender Weise dar. Es rotiere ein Körper um die Achse OU (Fig. 168). Die Ablenkungskraft eines beliebigen materiellen Theilchens m lässt sich durch mw^2r

ausdrücken, wenn m die Masse, w die Winkelgeschwindigkeit und r den Abstand von der Rotationsachse bedeutet. Zerlegen wir diese Kraft in zwei Componenten, welche in der Richtung der X und Y Achse liegen, so lassen sich diese Componenten ausdrücken durch

$$r\,m\,w^2 \cos\alpha = r\,m\,w^2 \frac{x}{r} = m\,w^2\,x \text{ und}$$

$$r\,m\,w^2 \sin\alpha = r\,m\,w^2 \frac{y}{r} = m\,w^2\,y.$$

Seien die Punkte O und U die Stützpunkte der Rotationsachse und werde OU mit l, UP mit z bezeichnet, denken wir uns den Punkt O durch die Kräfte O_x und O_y, den Punkt U durch die Kräfte U_x und U_y gehalten, wobei die Indices die Kraftrichtungen andeuten, so müssen für das Gleichgewicht zunächst die Gleichungen

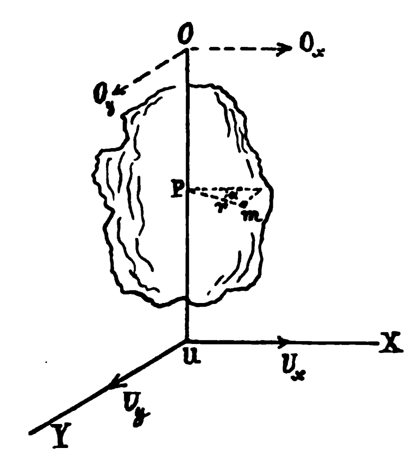


Fig. 168.

$$1.\ \begin{cases} U_x + O_x = w^2 \Sigma m x \text{ und} \\ U_y + O_y = w^2 \Sigma m y \text{ bestehen.} \end{cases}$$

Denkt man sich ferner den Punkt O als Drehpunkt, so müssen die Summen aller auf diesen Punkt bezogenen statischen Momente Null sein; dasselbe muss für den Punkt U als Drehpunkt gelten und wir erhalten

$$2.\ \begin{cases} O_x\,l = \Sigma m w^2 x z = w^2 \Sigma m x z \\ O_y\,l = \Sigma m w^2 y z = w^2 \Sigma m y z \\ U_x l = \Sigma m w^2 x (l - z) = w^2 (l \Sigma m x - \Sigma m x z) \\ U_y\,l = \Sigma m w^2 y (l - z) = w^2 (l \Sigma m y - \Sigma m y z). \end{cases}$$

Indem der Schwerpunkt des Körpers in der Umdrehungsachse liegt (Stein äquilibriert), so ist $\Sigma m x = 0$ und $\Sigma m y = o$ und die Gleichungen 1) gehen über in

$$1') \quad U_x + O_x = 0, \text{ oder } U_x = -O_x$$
$$U_y + O_y = 0, \quad „ \quad U_y = -O_y.$$

Die durch die Gleichungen 2) ausgedrückten statischen Momente werden Null, wenn ferner

$$2') \quad \Sigma m x z = 0$$
$$\Sigma m y z = 0 \text{ wird.}$$

Indem der Läufer als Rotationskörper aufzufassen ist, daher jedem positiven x und y ein gleich grosses negatives x und y entspricht, so würden diese Summen dann Null, wenn m als Constante betrachtet werden darf, d. h. wenn der Stein durchaus gleiches specifisches Gewicht besitzt. Würden $\Sigma m x z = 0$ und $\Sigma m y z = 0$, dann wären auch O_x, O_y, U_x, U_y gleich Null, d. h. es würden keine seitlichen Drucke auf die Lager O und U ausgeübt werden.

Die Bedingung gleicher Dichte ist weder bei Mühlsteinen noch bei anderen praktisch herstellbaren Rotationskörpern vollständig zu erfüllen, es bleibt daher nur der Weg übrig, durch Versuche jenes Kräftepaar zu ermitteln, durch dessen Hinzufügung die Rotationsachse zur freien Achse wird.

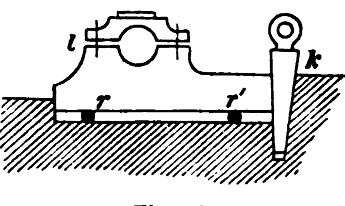


Fig. 169.

Der für Mahlgänge zu beobachtende Vorgang wurde bereits angegeben. Es gibt aber noch viele andere Fälle, wo unter anderen Verhältnissen das gleiche Ziel durch etwas andere Mittel zu erreichen erstrebt wird und erreicht werden kann. Bei den Messerköpfen von Hobelmaschinen und bei den Kardentrommeln geht man in folgender Weise vor. Der auf seiner Achse bereits montierte und äquilibrierte Körper wird mit dieser in zwei Lager l (Fig. 169) eingelegt, welche auf Rollen ruhen und durch Keile K festgestellt sind. Mittelst Riementriebes setzt man den Körper (Messerkopf, Trommel) in Umdrehung, wirft den Riemen ab, zieht die Keile aus und beobachtet die Lager. Fällt die Rotationsachse mit der freien Achse zusammen, so bleiben die Lager in Ruhe, ist dies nicht der Fall, so rollen sie abwechselnd hin und her und durch eine nahe der Stirnfläche gegen den Umfang langsam zugeführte Kreide vermag man die Ebene des ablenkenden Kräftepaares zu bestimmen. Die Richtigstellung erfolgt versuchsweise durch Anbringung zweier gleicher Massen in der Ebene des ablenkenden Kräftepaares. Man fügt hierdurch ein neues Kräftepaar zu und ist dasselbe gleich und entgegengesetzt dem ersten, dann ist die Aufgabe gelöst.

Bei der Prüfung von Schwungrädern begnügt man sich gewöhnlich mit der Aequilibrierung, nur wenige Fabriken erproben versuchsweise an diesen Maschinentheilen, ob ihre Rotationsachse zugleich freie Achse ist.

Den Mahlgängen ähnlich in der Anordnung, aber doch wesentlich anders arbeitend, sind die sogenannten Glasurmühlen oder Schleifmühlen. Fig. 170 stellt eine kleine Glasurmühle dar. Der Unterstein *u* ist in einem wasserdichten cylindrischen Gefässe oder Kasten *k* festgestellt, der Oberstein *o* wird von der Spindel *s* durch Mitnehmer, welche in Büchsen eingreifen, langsam gedreht, macht etwa 30 Touren und läuft in Wasser. Der Läufer hat meist prismatische Form und die an der Unterseite eingearbeitete Vertiefung bezweckt das Mahlgut besser zwischen die Mahlflächen zu bringen, wobei die Bewegung des Wassers wesentlich mitwirkt. In der Glasurmühle werden jene Substanzen (Feldspat etc.), welche als Glasuren oder Email dienen, zu ausserordentlicher Feinheit verrieben. Hierbei müssen die sich naturgemäss abnützenden Steine (Sandsteine) aus einer Masse bestehen, welche die Farbe der Glasur nicht nachtheilig beeinflusst.

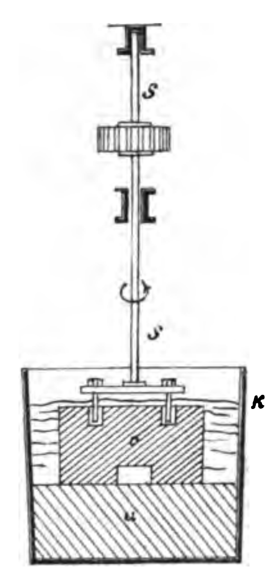


Fig. 170. Glasurmühle.

Nicht selten arbeiten diese Schleifmühlen mit mehreren kleineren Läufern, welche von gemeinsamer Spindel bewegt werden. In diesem Falle sitzen an der Spindel so viele Arme als Läufer zu schleppen sind. Die Obersteine stehen mit der Spindel stets in loser Verbindung.

Scheibenmühlen.

Unter der Benennung Scheibenmühlen seien jene Mühlen zusammengefasst, welche statt der Steine gusseiserne Scheiben verwenden. Dieselben werden entweder flach, aber excentrisch, oder mit Ausschnitten oder endlich auch mit Riffeln oder Zähnen versehen, gegeneinander zur Wirkung gebracht, in welch letzterem Falle die Achsen der Mahlscheiben gewöhnlich in dieselbe Gerade fallen. Flache Mahlscheiben wirken zumeist zerreibend, mit Vertiefungen versehene oder geriffelte oder gezähnte Scheiben vorwaltend brechend ein. Flache gusseiserne Mahlscheiben excentrischer Anordnung werden in verticaler Achsenlage häufig als Farben-

reibemaschinen angewendet und ist hierbei die untere Scheibe gewöhnlich festgestellt, die obere, durch deren hohle Achse die Farbe zugeführt wird, rotiert entweder am Orte oder es durchläuft dieselbe eine Cylinderfläche.

Eine Scheibenmühle für Erzzerkleinerung, welche man auch Bogardus-Mühle oder System Bogardus nennen kann, zeigt Fig. 171 und eine der hierzu gehörigen Mahlscheiben Fig. 172. Die meisten Mineralmühlen oder Erzmühlen sind ähnlich gebaut, obwohl auch

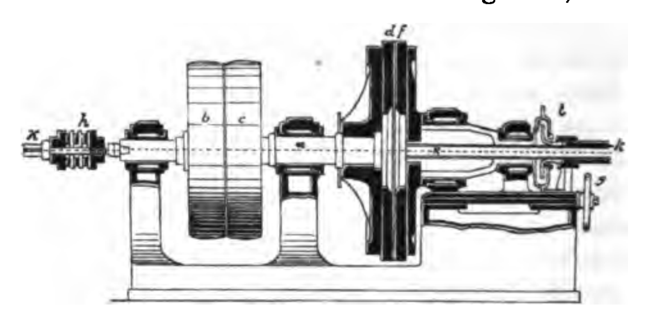


Fig. 171. Heberle's Erzmühle.

öfter Mahlgänge gleich den Getreidemühlen zur Pulverisierung von Cement, Gyps und Steinsalz in Anwendung kommen.

Bei der in Fig. 171 dargestellten Mühle von Aug. Heberle (D. R.-P. 8808) wird das feinzumahlende Erz vorher auf Feinwalzen verkleinert, mit Wasser durch die Achse der Mahlscheibe *f*, welche etwas excentrisch zur zweiten Scheibe steht, zugeführt. Beide Scheiben rotieren rasch in derselben Richtung. Die Scheiben der Bogardusmühle sind mit Schlitzen verschiedener Lage, radial oder spiralig, versehen, sie sind aus Bessemerstahl, dessen Blasen die Verkleinerung eher befördern als schädigen.

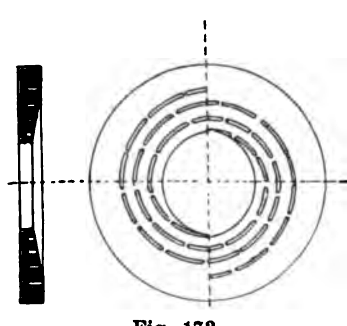


Fig. 172.

Bei der in Fig. 171 gezeichneten neuen Heberle-Mühle wird nur die Scheibe *d* mit etwa 100 Touren direct angetrieben, hingegen *f* durch die Friction des Mahlgutes mitgenommen. Die beiden Lager von *f* sind sammt der sie verbindenden Platte gegen die Scheibe *f* durch das Handrad *g* verstellbar, so dass sich der Scheibenabstand regulieren lässt. Auch kann die Achse *f* sammt ihren Lagern senkrecht zur Bildebene verschoben werden, wodurch sich die Excentricität nach dem Bedarfe ändern lässt. Die beiden rotierenden

Scheiben saugen, einer Centrifugalpumpe ähnlich, das Wasser und Mahlgut aus dem Rohre *k* an.

Damit keine Luft angesaugt werde, ist das Rohr *k* mit einem Blechkranze versehen, welchen der zweitheilige Behälter *l* umschliesst. Letzterer ist theilweise mit Oel gefüllt, das durch die Rotation der Welle mit in Umdrehung versetzt wird, so dass der Ring und das Oel in ihrem Zusammenwirken den Zutritt der Luft zwischen die Mahlscheiben verhindern. Die Kautschukfeder bei *h* bedingt eine entsprechende Nachgiebigkeit der Scheibe *d* im Falle zu viel oder zu grosse Stücke zwischen die Mahlflächen gelangen.

Statt der verticalen Scheiben sind bei der Dingey-Mühle über einer horizontalen, grossen, langsam rotierenden Mahlscheibe (Teller) mit Einschnitten vier mit circa 200 Touren rotierende Scheiben angebracht. Das Erz wird unter einer Wasserschicht zwischen den Scheiben und dem Teller zerrieben und die feinen Theilchen werden als „Trübe" durch ein Sieb abgeführt, welches den Rand des Tellers bildet. Zur Herstellung feiner Schlämme für die Setzarbeit (s. S. 239) sollen diese Mühlen günstiger als Stampfwerke wirken, indem sie bei einem geringeren Wasser- und Kraftverbrauch ein gleichförmigeres Pulver liefern und weniger Reparaturen bedürfen.

Jene Scheibenmühlen, deren verticale, einander zugekehrte Flächen mit vielen kleinen Zähnen besetzt sind, wirken brechend. Eine der Scheiben ist hier meist festgestellt, die zweite rotiert mit etwa 300 Touren. Die Zufuhr des Mahlgutes, meist organische Substanzen (Getreide), erfolgt nahe an der Achse der festgestellten Scheibe.

Walzenmühlen.

Walzen lassen sich zu Zwecken der Verkleinerung in mannigfacher Weise benützen. Zu groben Zerkleinerungen nicht sehr fester Materialien, z. B. Kohle, wendet man Walzen mit welligem Walzenkörper oder mit eingesetzten Zähnen an und haben letztere den Vortheil, sich auswechseln zu lassen. Fig. 173 und 174.

Für Zerkleinerungen organischer Substanzen — Getreide — zu kleinen Stückchen von etwa $^1/_2$ bis 2 *mm* Durchmesser benützt man geriffelte Hartgusswalzen und gibt, um abscherende Wirkung zu erzielen, der Walze *b* etwa die doppelte oder dreifache Tourenzahl als der Walze *a* (Fig. 175). Die Tiefe der Riffelung richtet sich nach der Korngrösse des Mahlgutes.

Für Erzzerkleinerung muss man jedoch glatte Walzen aus Gussstahl verwenden, weil die Riffel der Hartgusswalzen, sowie

diese selbst, keine genügende Dauer besitzen. Für diesen Zweck wendet man Flussstahlringe, beziehungsweise Mäntel an, welche auf den Walzenkörper aufgeschoben und festgekeilt werden und nach erfolgter Abnützung leicht und billig ausgewechselt werden können.

Zu feiner Zerkleinerung organischer Substanzen stehen glatte Walzen, meist aus Hartguss, theilweise auch aus Porzellan in Verwendung.



Fig. 173.

Arbeiten zwei glatte Walzen zusammen, so kann dies entweder mit gleicher oder ungleicher Geschwindigkeit geschehen. Im ersteren Falle ist die Wirkung eine bloss quetschende, im zweiten eine quetschende und reibende zugleich.

Es ist im letzteren Falle üblich zu sagen, „die Walzen arbeiten mit Differentialgeschwindigkeit". Die Tourenzahlen beider Walzen verhalten sich zu einander etwa wie 4 : 5 oder 5 : 6.

Die reibende Wirkung der „Differentialbewegung" wird eine um so grössere sein, je grösser der Reibungscoëfficient zwischen Walzenoberfläche und Mahlgut ist. Walzen aus Bisquitporzellan

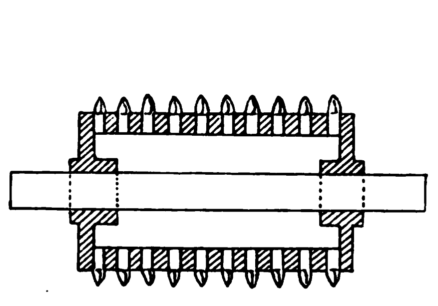


Fig. 174.

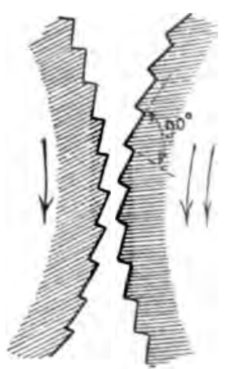


Fig. 175.

oder Granit wirken in dieser Beziehung günstiger als Hartguss- oder Stahlwalzen, doch kommt ihnen nicht die gleiche Dauer zu.

Die Umfangsgeschwindigkeit der Walzen muss grösser sein als die Geschwindigkeit, mit welcher das Mahlgut von der Zuführung aus zwischen die Walzen einfällt, damit die einzelnen Mahlguttheilchen getrennt voneinander die Walzen passieren, nicht aber in mehrfacher Schicht, was dann geschehen könnte, wenn die Walzen zu langsam gingen.

Um die reibende Wirkung zu vermehren und die genaue Cylinderform der Walzen zu erhalten, gibt man denselben ausnahmsweise nebst der rotierenden Bewegung auch eine Rückkehrbewegung in der Achsenrichtung. In diesem Falle, welcher beim Farbenreiben Anwendung findet, ist das zu verreibende Pulver mit Wasser, Oel oder Firniss versetzt.

Sollen die Walzen brechend oder abscherend wirken, so ist ihre Oberfläche entweder wellig oder gezahnt oder geriffelt, und in diesen Fällen sind die Walzen auf einen bestimmten Abstand eingestellt oder sie arbeiten doch mit geringem Drucke gegeneinander.

Sollen die Walzen quetschend oder quetschend und reibend wirken, wobei der Walzenkörper als mattgeschliffene Cylinderfläche angearbeitet ist, so müssen die Walzen gegeneinander gedrückt werden und ist es hierbei vortheilhaft, elastischen Andruck zu benützen, welcher den Walzen gestattet, ihre Entfernung nach der Menge der Zuführung selbstthätig zu regeln.

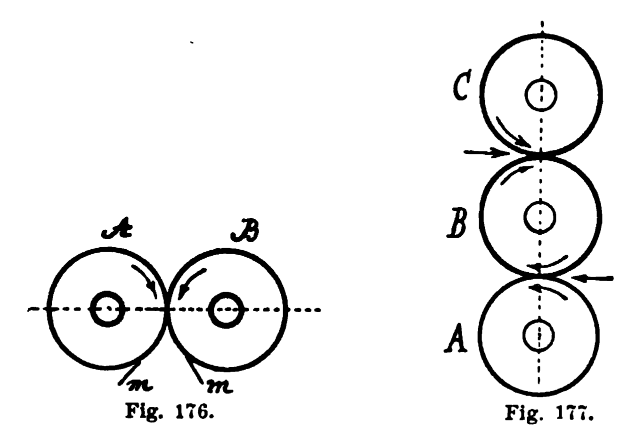


Fig. 176. Fig. 177.

Dieser Andruck kann durch Federn oder Gewichte bewirkt werden und die Grösse desselben ist gleich der Pressung der Walzen in den Lagern, beeinflusst daher direct die Reibungsarbeit, welche nebst der Nutzarbeit überwunden werden muss. Die Walzenstühle in den Mühlen sind nicht selten constructiv so durchgeführt, dass der Andruck sehr hoch gebracht werden kann und dann vermag jene Person, welche die Walzen zu beaufsichtigen hat, durch zu hohe Pressung nicht nur übermässigen Kraftverbrauch zu verursachen, sondern, wie es vorkam, die Mühle selbst zum Stillstande zu bringen.

Bezüglich der Disposition der Walzen sind zwei Anordnungen am verbreitetsten, die horizontale und die verticale (Fig. 176 und

177). Bei der horizontalen ist eine der Walzen *(A)* fix gelagert, die zweite *(B)* beweglich, durch elastischen Andruck gegen *A* gepresst.

Bei der verticalen Anordnung, welche meist mit drei oder vier Walzen ausgeführt wird, ist die unterste *A* fix gelagert. Die beiden oberen Walzen besitzen vertical geführte bewegliche Lager und der auf die oberste Walze *C* ausgeübte Druck pflanzt sich durch diese auf die mittlere *B* und die unterste *A* fort.

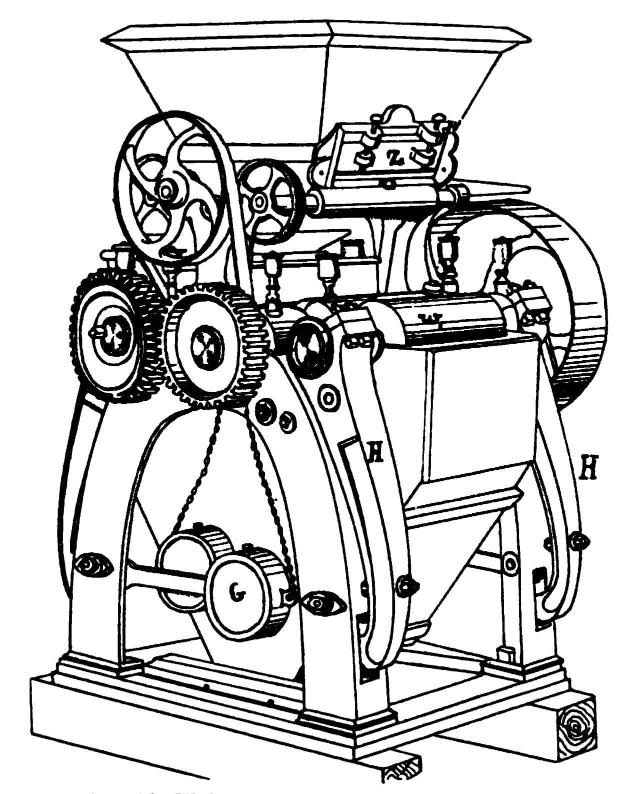


Fig. 178. Walzenstahl mit zwei Walzenpaaren.

Bei der Anordnung Fig. 176 haben wir einen Durchgang des Mahlgutes, bei jener Fig. 177 sind zwei Durchgänge vorhanden und da man mittelst des später zu besprechenden Kreuzdurchlasses diese beiden Durchgänge (Passagen) voneinander unabhängig machen kann, so kann die Anordnung mit drei Walzen unter sonst gleichen Umständen die doppelte Arbeit liefern als jene mit zwei Walzen. Die Zapfenreibungsarbeit ist hingegen bei gleicher Pressung, gleicher Tourenzahl und gleichen Zapfendurchmessern in beiden Fällen die gleiche, weil die Walze *B* (Fig. 177), oben und unten gleich gepresst, entlastete Zapfen besitzt.

Der Vortheil liegt daher auf Seite der Dreiwalzenstühle, was Leistung, beziehungsweise Kraftverbrauch betrifft, hingegen bezüglich Einfachheit des Baues und Bedienung auf Seite der Zweiwalzenstühle, welche übrigens meist doppelt — zweipaarig — hergestellt werden.

Fig. 178 zeigt einen häufig angewendeten zweipaarigen Walzenstuhl mit Andruck durch Gewichte. Die äusseren Walzen sind in Hebeln gelagert, welche bei *o* ihre Drehachse haben, das stellbare Gewicht *G* gestattet den Andruck zu regeln. Vgl. Fig. 179.

Bei den bisherigen Betrachtungen wurde stillschweigend der genaue Parallelismus der Walzenachsen vorausgesetzt; derselbe ist jedoch weder leicht hergestellt, noch leicht erhalten.

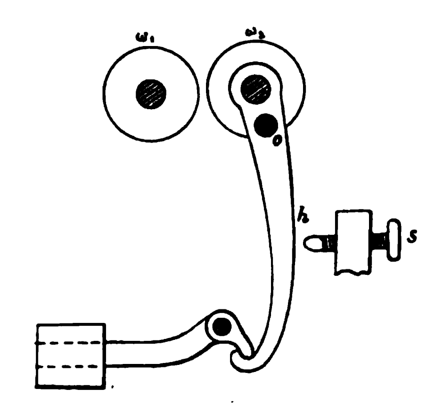


Fig. 179. Elastischer Andruck. Walze w_1 fix, w_2 in Hebel *h* gelagert, *o* dessen Drehachse, *s* Stellschraube für den Walzenabstand.

Denkt man sich durch ungleiche Mahlgutvertheilung das eine Lager längere Zeit stärker beansprucht, so wird sich dasselbe etwas mehr abnützen und hierdurch kann nicht nur der Parallelismus verloren gehen, sondern auch die Stellung der Walzenachsen zu einander eine windschiefe werden. Ist dies aber der Fall, dann berühren sich die Walzen nicht mehr längs einer Geraden, sondern nur in einem Punkte und die Walzenwirkung wird äusserst ungleichförmig, das Mahlgut wird umsoweniger verkleinert, je weiter seine Durchgangsstelle von dem eigentlichen Berührungspunkte der Walzen abliegt.

Durch einen Kunstgriff kann dem vorgebeugt werden und derselbe besteht einfach darin, dass man die Walzenachsen nicht in eine horizontale, beziehungsweise verticale Ebene legt, sondern jene Anordnung wählt, welche die Figuren 180 und 181 ausdrücken. Weil die Walze *A* (Fig. 180) um *d* tiefer liegt als *B*, so hat *B* schon durch sein Eigengewicht das Bestreben, an der Walze *A* nach einer geraden Erzeugenden anzuliegen. Windschiefe Stellung der Achsen ist nicht absolut unmöglich gemacht, aber sie wird weit seltener eintreten. Bei der Anordnung Fig. 181 sind die Lager der beiden oberen Walzen *B* und *C* vertical geführt, die Lager von *C*

erhalten verticale Pressung, es **müssen** hier die Walzen *C*, *B* und *B*, *A* längs einer Geraden aneinander liegen. In beiden Fällen braucht der Abstand *d* nur sehr klein zu sein, um in dem besprochenen Sinne günstig zu wirken.

Von dieser Versetzung der Walzenachsen wird nicht nur bei den Walzenstuhlungen für Zerkleinerungszwecke Gebrauch gemacht, sondern in **vielen Fällen der Walzenverwendung**, z. B. bei **Blechwalzen, Drahtplättwerken, Satiniermaschinen, Streckwalzen in Spinnereien** etc. etc.

Der oben erwähnte **Kreuzdurchlass**, welcher bei Dreiwalzenstühlen verticaler Anordnung die getrennte Zu- und Abführung des Mahlgutes an beiden Durchgangsstellen ermöglicht, besteht wie

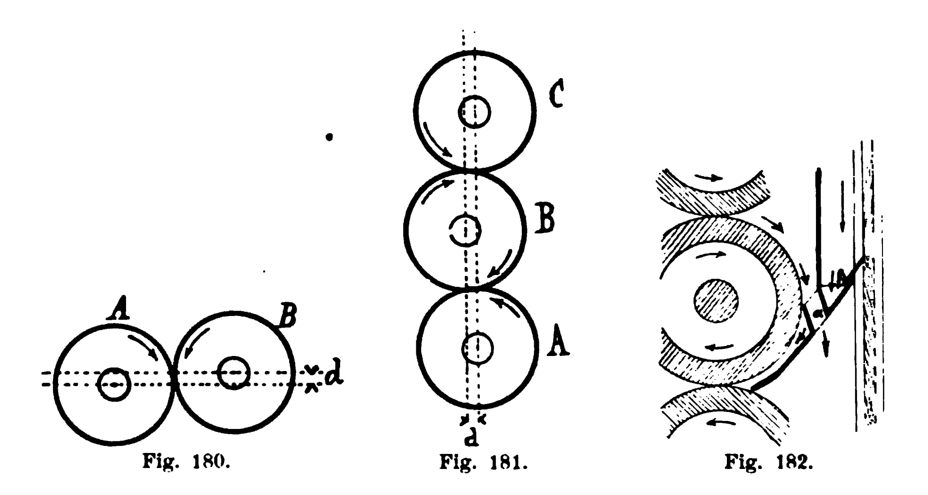


Fig. 180. Fig. 181. Fig. 182.

Fig. 182 andeutet, aus zwei sich kreuzenden Rohrsystemen, deren Wirkung sich leicht in folgender Weise versinnlichen lässt. Denkt man sich die ausgespreizten Finger beider Hände mit nach abwärts gerichteten Armen so zusammengesteckt, dass die Finger der einen Hand zwischen je zwei Fingern der anderen zu liegen kommen, so kreuzen sich die Finger; denkt man sich nun Arme, Hände und Finger röhrenartig gebildet und die Rohre an den Enden offen und von Flüssigkeit durchströmt, so werden sich zwei Flüssigkeitsströme kreuzen. Ein solches Kreuzen der beiden Ströme des Mahlgutes findet durch den Kreuzdurchlass statt.

Die Walzenstühle für Müllereizwecke sind nicht nur in Bezug auf Lage, Zahl, Grösse, Antriebsweise und Andruck der Walzen sehr verschieden, sondern sie sind auch häufig mit Anordnungen zu selbstthätiger Abstellung, wenn die Zuführung des Mahlgutes unter-

brochen ist, versehen; zuweilen auch mit Kühl- oder Ventilationseinrichtung.*)

Im Anschlusse an die Walzen seien die Kollergänge besprochen, deren Wirkungsweise eine verwandte ist. Bei diesen Maschinen werden gewöhnlich zwei scheibenförmige, grosse Walzen gleichzeitig über oder auf einem Teller in rollender Bewegung im Kreise herumgeführt; zuweilen drehen sich die Walzen am Orte und der Teller rotiert. Der Durchmesser dieser Walzen ist oft bedeutend, bis 2 *m*, die Abmessung in der Achsenrichtung meist gering, selten über $1/2$ *m*.

Die Kollergänge wirken quetschend und reibend zugleich, weil die Walze nicht nur rollend, sondern auch gleitend sich be-

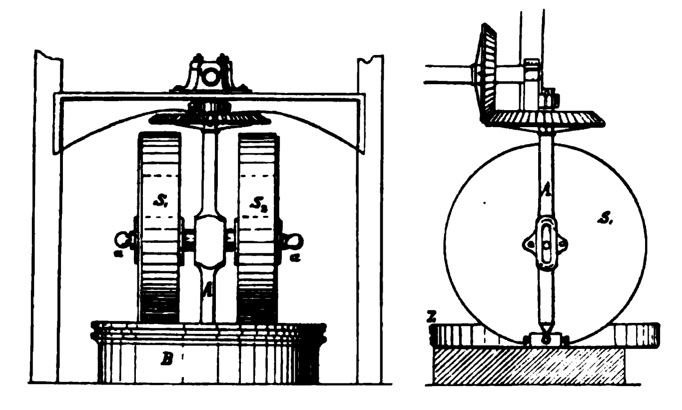


Fig. 183. Kollergang. *B* Bett mit Zarge *Z*, *A a* Achsen, S_1 S_2 Steine oder Mahlscheiben.

wegt, was sich aus den geometrischen Verhältnissen ergibt. Aus vorstehender Fig. 183 ist zu ersehen, dass die verticale Achse *A* angetrieben wird; mit dieser ist in loser Verbindung ein Doppelarm, welcher als Walzenachse in der Weise dient, dass auf ihn die Achsbüchsen der Walzen aufgeschoben sind. Diese Verbindungen müssen so beschaffen sein, dass die Walzen je nach der Menge des unter sie gelangenden Mahlgutes sich heben können.

Um die zu verkleinernde Substanz stets wieder unter die Walzen zu bringen, sind Streichbretter angebracht, welche die Drehbewegung um die Hauptachse mitmachen.

Zur Pulverisierung von Formsand verwenden manche Giessereien Kollergänge mit nur einem Läufer; statt des zweiten ist ein Schöpfrad angebracht, welches den Sand von der Mahlbahn

*) Ausführliches findet sich in Kick's Mehlfabrication, III. Aufl.

aufnimmt und durch einen Ausschüttkegel gegen ein kegelförmiges Sieb leitet, welches, centrisch angebracht, den feineren Sand absiebt, den gröberen wieder auf die Mahlbahn abrollen lässt. Auch hier sind entsprechende Streicher sowohl für den vorerwähnten Zweck, als auch zur Abfuhr des feinen Sandes angebracht. Die Siebfähigkeit des Siebkegels wird dadurch erhöht, dass derselbe Stösse in verticaler Richtung empfängt.

Bei manchen Kollergängen drehen sich die Walzen am Orte und rotiert dafür der Teller, der Antrieb erfolgt von unten.

Die Anwendung dieser Zerkleinerungsmaschine ist eine sehr mannigfache. Kollergänge werden z. B. in Porzellanfabriken zur Zerkleinerung von Feldspat und Quarz, in Papierfabriken zur „Auflösung" der sogenannten Maculatur, in Chocoladefabriken zum Mengen und Verreiben von Chocolade und Zucker (als Melangeur) u. s. w. verwendet und ist dem Zwecke entsprechend die Construction und Dimensionierung bedeutend verschieden.

Desintegratoren oder Schleudermühlen.

Die Wirkung der Schleudermühlen beruht darauf, das zu zerkleinernde Material mit solcher Geschwindigkeit gegen einen festen Körper (Wand, Mantel) zu werfen, oder auf freibewegliches, z. B. fallendes Material rotierende Schlagbolzen mit solcher Geschwindigkeit wirken zu lassen, dass eine Zertheilung eintritt. Indem zum Zerschleudern und zum Zerschlagen spröder Materialien, wie Versuche ergaben,*) nahezu dieselben Arbeitsgrössen erforderlich sind, so können Desintegratoren mit anderen Zerkleinerungsmaschinen in erfolgreiche Concurrenz treten.

Am häufigsten stehen die Desintegratoren nach der Construction Carr in Verwendung; bei denselben rotieren zwei mit Schlagbolzen versehene Scheiben mit grosser Geschwindigkeit gegeneinander, beziehungsweise in entgegengesetzter Richtung.

Durch die Fig. 183 ist der Carr'sche Desintegrator dargestellt. Das Material kommt aus der Gosse zwischen die beiden Scheiben, welche mit 300 bis 1000 Touren in entgegengesetztem Sinne rotieren. Jede der Scheiben ist an dem Ende einer kurzen Welle aufgekeilt, welche mit Riemenscheibe und Schwungrad versehen ist. Beide Wellen liegen in einer Geraden. Die Bolzen werfen sich das Mahlgut gegenseitig zu und dasselbe sammelt sich schliesslich unterhalb der Scheiben an, wo es durch eine Förderschraube abgeführt wird. Nagel & Kaemp haben eine Scheibe festgestellt, die zweite

*) Kick, das Gesetz der prop. Widerstände, S. 6, 58.

lassen sie mit doppelter Tourenzahl laufen, was den Antrieb vereinfacht, aber vorzügliche Lagerung und Schmierung erfordert. Der Zerkleinerung feiner und specifisch leichter Theile wirkt der Luftwiderstand bedeutend entgegen.

Die Ausführungsformen der Desintegratoren sind ziemlich mannigfach und mag noch eine verticale Anordnung erwähnt sein, bei welcher das Mahlgut centrisch auf einen rasch rotierenden, mit Wurfleisten versehenen Teller auffliesst, welcher es gegen einen geriffelten Hartgussmantel schleudert.

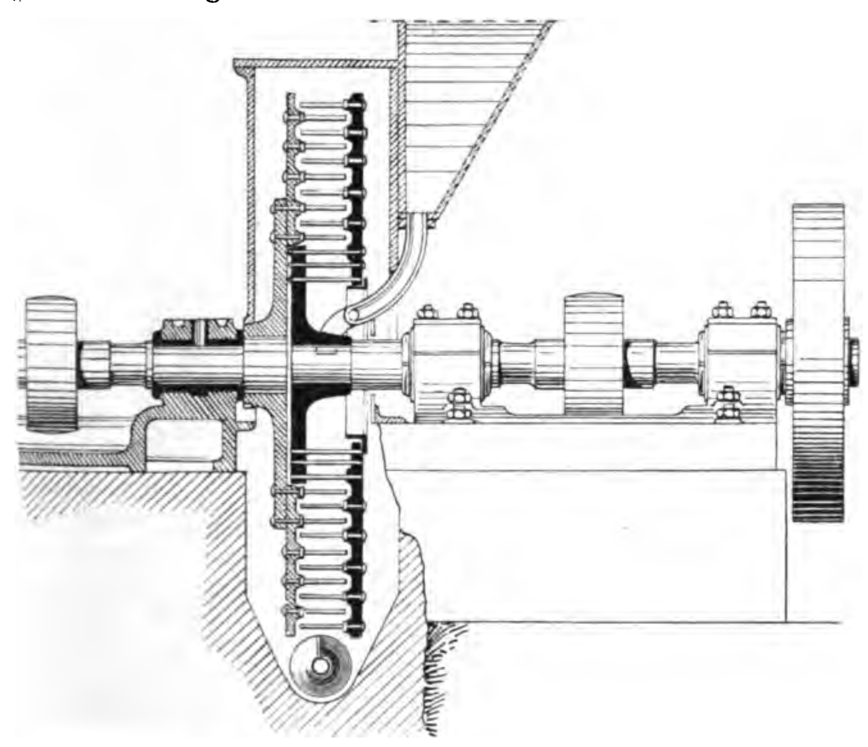


Fig. 184. Carr's Desintegrator.

Es wird sich bei Anwendung des Desintegrators von selbst die Frage ergeben, mit welcher Geschwindigkeit soll die Maschine laufen, beziehungsweise **bei welcher Wurfgeschwindigkeit findet ein Zerschleudern** statt? Die Geschwindigkeit hängt natürlich von der Beschaffenheit des Materials ab. Würde ein kugelförmiges Materialstückchen vom Gewichte G zur Zertrümmerung (Dreibruch, S. 18) die Schlagarbeit A brauchen, so ist zum Zerschleudern dieselbe Arbeitsgrösse A nöthig und es müsste $A = \frac{Gv^2}{2g}$,

demnach $v = \sqrt{\frac{2gA}{G}}$ sein. Mit dieser Geschwindigkeit müsste der Wurf erfolgen, um Bruch herbeizuführen.

Die Desintegratoren werden zur Verkleinerung von Kohle, Knochen, Cement, Schmirgel u. a. spröden Materialien mit Vortheil verwendet.

Hätte man ein Gemenge von Steinchen gleicher Grösse, aber verschiedenen Widerstandes gegen Bruch, so liesse sich der Desintegrator so anwenden, dass das gebrächere Material zerkleinert, das andere nicht zerkleinert würde. Die Trennung wäre hierauf durch Sieben leicht.

Die Luftwirbel treten am nachtheiligsten bei denjenigen Desintegratoren auf, deren Schlagbolzen entgegengesetzt rotieren; am geringsten sind sie bei jenen, welche mit einem horizontalen, um eine verticale Achse rotierenden Wurfteller arbeiten. Für die Zerkleinerung zäher Materialien sind die Schleudermühlen ungeeignet.

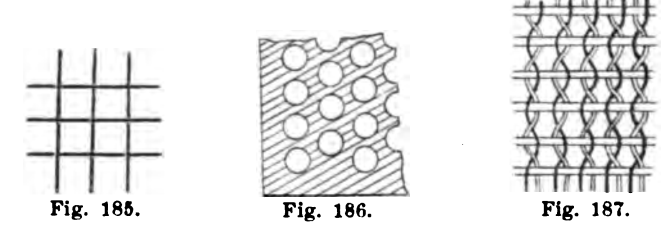


Fig. 185. Fig. 186. Fig. 187.

2. Sonderungs- oder Sortierungsarbeiten.

Die Sonderungsarbeiten sind wohl noch weit mannigfacher als die Zerkleinerungsarbeiten, denn die zu lösenden Aufgaben theilen sich in die Sonderungen fester Theilchen nach Grösse, specifischem Gewichte, Form, absolutem Gewichte, und magnetischem Verhalten, ferner in die Trennung von Flüssigkeiten von fester Substanz, die Trennung von Emulsionen verschiedenen specifischen Gewichtes und die Trennung von Staubtheilchen von der sie tragenden oder mitführenden Luft.

A. Sonderung nach der Grösse der Theile.

Die Sonderung fester Theilchen nach der Grösse erfolgt durch das Sieben, die Steigmühle und das Schlämmen.

Sieben oder Sichten.

Die allbekannte Arbeit des Siebens setzt die Anwendung eines Siebes voraus. Das zu siebende Material, das Sichtgut, wird ent-

weder gegen das Sieb geworfen oder es liegt auf dem bewegten meist gerüttelten Siebe.

Das Sieb besteht entweder aus einem leinwandartigen Gewebe (Fig. 185) oder aus gelochtem Bleche (Fig. 186) oder aus einem gazeförmigen Gewebe (Fig. 187). Der Grösse der Oeffnungen entsprechend können gewisse Materialtheilchen hindurchfallen, andere werden zurückgehalten. Hiernach hat es den Anschein, als ob über das Sieben wenig mehr zu sagen wäre.

Thatsächlich ist jedoch der Vorgang beim Sieben nicht sehr einfach. Denn abgesehen davon, dass sich die Oeffnungen der Siebe, insbesondere der gelochten Bleche mit ihren senkrecht zur Siebfläche stehenden Lochwänden, leicht mit Siebgut verlegen und hierdurch die Leistungsfähigkeit oft rasch abnimmt, namentlich dann, wenn das Siebgut unter sich und gegen das Sieb adhäriert, kommt zuvörderst der Umstand in Betracht, dass in einem gerüttelten Gefässe, mit verschieden grossen Theilchen desselben Materials gefüllt, sich stets die kleinsten Theilchen zu unterst setzen, die grössten zu oberst.

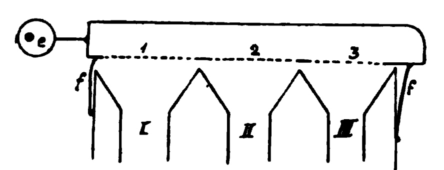


Fig. 188. Sauberer. *1, 2, 3* Sieb, *e* Excenter, *f, f* Federn auf welchen der Siebrahmen ruht, *I, II, III* Abtheilungen des Sichtkastens.

Denkt man sich statt des Gefässes ein gewöhnliches Handsieb mit Sichtgut gefüllt und ebenfalls gerüttelt, so wird zuerst sehr feines Material, da dieses sich unten sammelt, durch das Sieb fallen; nach kurzer Zeit wird das durchfallende Material merklich gröber werden u. s. w. Man wird — falls man das zuerst durchfallende Material für sich sammelt, das später durchgebeutelte nach entsprechenden Pausen ebenfalls — durch dasselbe Sieb ein Product oder Gut von merklich verschiedener Feinheit erhalten.

Eine ganz analoge Erscheinung stellt sich bei einem geneigten ebenen Siebe ein, welchem oben Material (Sichtgut) in höherer Schicht zugeführt wird. Ist ein solches Rüttelsieb oder Sauberer (Fig. 188) seiner ganzen Länge nach mit dem gleichen Siebe bespannt, so wird bei 1 I sehr feines, bei 2 II mittleres, bei 3 III grobes Material durch das Sieb gehen. Am Ende des Siebes wird nur dann ausschliesslich Material von solcher Korngrösse übergehen, welches wirklich nicht durch die Maschen des Siebes fallen kann, wenn das Sieb so gross war, dass beim allmählichen Vorrücken jedes kleinere Theilchen wirklich über eine Oeffnung zu liegen kam und Gelegenheit fand, durch das Sieb hindurchzugehen.

Wollte man annähernd gleich feines Sichtgut durch die ganze Länge des Siebes erhalten, so müsste man successive feinere und feinere Siebe anwenden. Man macht hiervon auch zuweilen Anwendung.

Grosse Siebfläche, lebhaft rüttelnde Bewegung, gleichmässige Vertheilung des Siebgutes auf dem Siebe, und zwar in dünner Schicht, das sind die Bedingungen für exacte Sonderung der Theilchen nach ihrer Grösse durch das Sieben.

Wenn man geneigte ebene Siebe anwendet, so ist der Neigungswinkel stets viel kleiner als der Reibungswinkel des Sichtgutes auf dem Siebe zu wählen, etwa 4 bis 5°. Die allmähliche fortschreitende Bewegung würde bei ruhendem Siebe nicht erfolgen; durch das Rütteln des Siebes wird jedoch eine relative Bewegung des Siebgutes auf dem Siebe hervorgebracht, hierdurch der Reibungswiderstand überwunden und nun wird die stetige Wirkung der Schwerkraft zur Geltung kommen können, welche nach abwärts ziehend einwirkt. Prof. Gustav Herrmann hat diese Vorgänge durch nachstehendes einfache Experiment sehr schön klargelegt. Ein Körper K, Fig. 189, liege auf einer schiefen Ebene $m\,n\,o$, deren Neigungswinkel kleiner als der Reibungswinkel ist. Die senkrecht gegen die Trace $m\,n$ wirkende Componente G der Schwerkraft ist allein nicht im Stande, den Körper K zum Abgleiten zu bringen. Wird derselbe jedoch durch eine Kraft P parallel zu $m\,n$ gezogen. welche Kraft hinreichend gross ist, den Körper zu bewegen, so findet die Bewegung nicht in der Richtung von P, sondern in jener der Resultierenden R der beiden Kräfte P und G statt und der Körper K nähert sich der Trace $m\,n$.

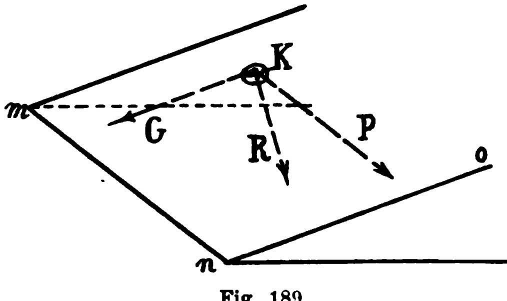


Fig. 189.

Wird die Fläche, worauf der Körper liegt, so rasch gerüttelt, dass ein Gleiten desselben auf der Fläche erfolgt, so wird er, je nach der Richtung des Rüttelns, ob parallel oder senkrecht zur Trace, entweder im Zickzack oder in ruckweisen kleinen Strecken allmählich über die schiefe Ebene abgleiten und wenn sie als Sieb ausgebildet ist und die Maschenweite der Körpergrösse entspricht, endlich auch in die richtige Lage für den Durchgang durchs Sieb gelangen.

Hat das Theilchen das Gewicht G und sei der Reibungscoëfficient durch ϱ ausgedrückt, so ist $\varrho\,G$ der Widerstand für die

Verschiebung. Dieser Widerstand muss kleiner sein als jene Kraft ist, die hinreicht, dem Theilchen dieselbe Beschleunigung zu geben, wie sie die Unterlage (das Sieb) beim Rütteln erfährt, damit eine relative Verschiebung des Theilchens auf dem Siebe erfolgt. Auf dieser Erwägung fussend, machen wir folgende Rechnung.

Würde das Sieb durch ein Excenter von der Excentricität ε gerüttelt, welches n Touren macht, so ist die Geschwindigkeit im Kurbelkreise $v = \frac{2\pi\varepsilon n}{60}$, eine Umdrehung erfolgt in der Zeit von $\frac{60}{n}$ Secunden, der Bogen des Winkels w wird in der Zeit $t = \frac{60}{n}\frac{w}{2\pi}$ durchlaufen; demnach ist Bogen $w = \frac{2\pi n}{60} t$. Das Wegdifferentiale im Sinne der Siebbewegung (Sinusversus-Bewegung) ist gegeben durch $ds = \sin w \, . \, \varepsilon dw = \varepsilon \frac{2\pi n}{60} dt \sin\left(\frac{2\pi n}{60} t\right)$.

Die variable Siebgeschwindigkeit v_x und die variable Beschleunigung g_x ergibt sich aus den Gleichungen:

$$v_x = \frac{ds}{dt} = \varepsilon \frac{2\pi n}{60} \sin\left(\frac{2\pi n}{60} t\right),$$

$g_x = \frac{d^2 s}{dt^2} = \varepsilon \left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2 \cos\left(\frac{2\pi n}{60} t\right)$ und die Maximalbeschleunigung g_m

$$g_m = \varepsilon \left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2.$$

Die Schwerkraft G ertheilt dem Massentheilchen vom Gewichte G die Acceleration der Schwere g; die Kraft ϱG würde die Acceleration oder Beschleunigung ϱg ertheilen. Es muss, damit eine Verschiebung der Theilchen auf dem Siebe erfolgt, g_m grösser als ϱg sein. Als Grenzwerth ist $g_m = \varrho g = \varepsilon \left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2$ oder $n^2 = \frac{30^2}{\pi^2}\frac{\varrho g}{\varepsilon}$.

Betrage der Reibungscoëfficient ϱ, welcher gleich der Tangente des Reibungswinkels*) ist, 0·4, $\varepsilon = \frac{1^m}{50}$, $g = 9{\cdot}81$, so wird $n^2 \doteq 18000$, somit $n \doteq 134$. Betrüge ε nur $1\,cm = \frac{1}{100} m$, so würde $n \doteq 185$. Man hat natürlich den Werth von n etwas grösser zu wählen, damit das Siebgut auf dem Siebe sich lebhaft verschiebt.

Man kann die Siebfläche in sehr vielfacher Form und unter Benützung verschiedener Bewegungsarten zur Anwendung bringen;

*) Der Reibungswinkel, d. i. jener Neigungswinkel φ des Siebes gegen die Horizontale, bei welchem das Abgleiten des Siebgutes durch sein Eigengewicht beginnt, lässt sich leicht ermitteln und hierdurch findet sich $\varphi = tg\, \varrho$.

man kann das Sichtgut gegen das Sieb werfen oder auf dem bewegten Siebe gleiten lassen. Es gibt daher verschiedene Systeme von Siebvorrichtungen und Sieb- oder Sichtmaschinen.*)

Gegen ein in einen Rahmen gespanntes, unter 60 bis 70° aufgestelltes Sieb, Sandgatter, wird der Bausand mit der Schaufel geworfen, um ihn von gröberen Steinen zu trennen.

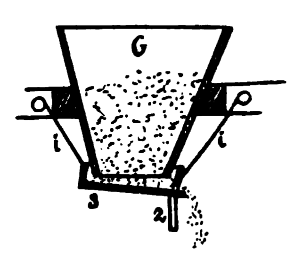


Fig. 190. Rüttelschuh. *G* Gosse, *i* Schnüre, *s* Schuh, *z* Rührnagel.

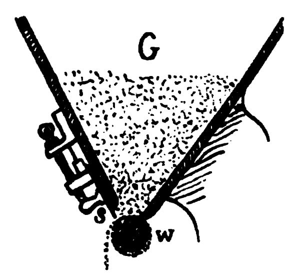


Fig. 191. Walzenzuführung. *G* Gosse, *w* Walze, *s* Schieber.

Auf ein unter 4 oder 5° geneigtes, gerütteltes Sieb, Rüttelsieb, Abreiter oder Sauberer lässt man an der oberen Seite das Sichtgut zuströmen. Man gibt solchem Siebe gewöhnlich bei

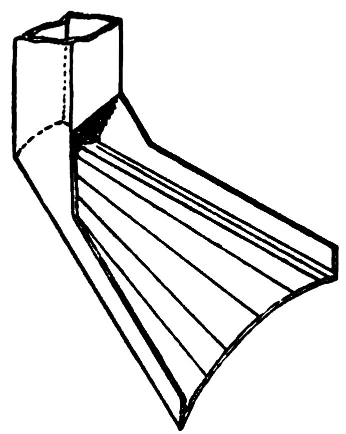


Fig. 192.

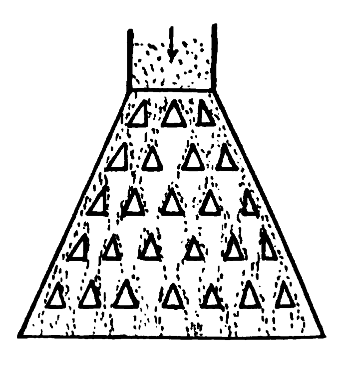


Fig. 193.

200 Schwingungen in seiner Längsrichtung von etwa 2 *cm* Ausschlag, lässt hierbei das Sieb von schräg gestellten Federn (vgl. Fig. 188) getragen sein, damit das Sichtgut auch geringe verticale Impulse erleidet und hierdurch in eine schwach hüpfende, das Sieben fördernde Bewegung gelangt.

*) S. Kick, Mehlfabrication, III. Aufl., S. 294 bis 344.

Von Wesenheit ist gleichförmige Zuführung des Sichtgutes der ganzen Breite des Siebes nach, und bedient man sich hierzu entweder eines Rüttelschuhes (Fig. 190) oder der Walzenzuführung (Fig. 191), oder man lässt die Gleitfläche des Zuführungsrohres in eine Kegelfläche übergehen, welche die Vertheilung bewirkt (Fig. 192), oder endlich man bringt unter dem Zuführungsrohre eine trapezförmige schiefe Ebene an, welche mit vorstehenden dreieckigen Prismen besetzt ist, welche den Sichtgutstrom in die Breite ziehen (Fig. 193).

Eine sehr häufig angewendete Siebvorrichtung besteht aus einem polygonalen Lattengerüste, meist in Gestalt eines gleichseitigen, sechskantigen Prismas, über welches das Sieb gespannt ist. Dieses Prisma rotiert langsam, besitzt eine Neigung von 4 bis 5⁰ und ist in einen Kasten eingeschlossen, welcher das durchfallende Siebgut auffängt, und zwar immer dann in getrennten Abtheilungen, wenn die einzelnen Längenabschnitte des Prismas mit Sieben von abnehmender Feinheit bezogen sind. Solche Siebmaschinen führen die Benennung Sieb- oder Sichtcylinder, mit Beziehung auf den Einzelzweck heissen sie Mehl-, Griess-, Schrotcylinder etc. (Fig. 194).

Fig. 194. Sichtcylinder.

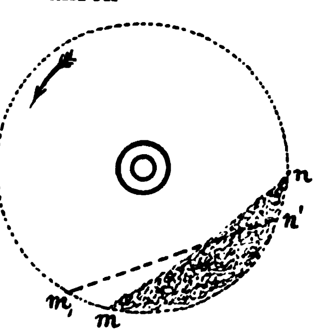


Fig. 195. Rundsichter.

Die Rotationsgeschwindigkeit der „Cylinder" darf nicht so weit gesteigert werden, dass die Fliehkraft das Mahlgut an das Sieb drücken würde, es muss vielmehr bei der Rotation das Mahlgut auf dem Siebe gleiten und, durch die Wirkung der Rahmenleisten gehoben, fallen können. Daher darf nie die Centrifugalkraft des Sichtgutes gleich der Schwerkraft desselben werden; wäre dies der Fall, so würde $\frac{m v^2}{r} = m g$ oder $v^2 = g r$ sein.

Für n Touren wäre $v = \frac{2 \pi r n}{60}$ und

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{981}{r}} = 299 \sqrt{\frac{1}{r}}, \quad r \text{ in Centimetern gemessen.}$$

Verwandt mit den „Sichtcylindern" sind die sogenannten Rundsichter. Dieselben könnten mit mehr Recht Sichtcylinder heissen, denn bei ihnen ist die Siebfläche als cylindrische Fläche ausgebildet. Das Sieb überzieht aussen ein aus Längsstäben und

Ringen zusammengesetzes Gerüst und bildet eine wirklich cylindrische Fläche.

Man möchte vermuthen, dass die cylindrische Gestalt des Siebes in Verbindung mit stetig und langsam rotierender Bewegung auch ein stetiges Abkollern des Sichtgutes längs der Böschungsebene *m n* veranlassen würde. Dies ist jedoch nicht der Fall, sondern es findet bei der langsamen Drehung ein ruckweises Abgleiten statt, weil der Reibungscoëfficient aus der Ruhe grösser ist als der Reibungscoëfficient während der Bewegung und der Reibungscoëfficient zwischen Mahlgut und Mahlgut grösser ist als zwischen Mahlgut und Sieb. Bei der Drehung wird das Sichtgut so weit mitgenommen, bis endlich ein Rutschen desselben auf dem Siebe nach Ueberwindung des Reibungscoëfficienten aus der Ruhe eintritt. Geschieht dies und kommt das Sichtgut ins Gleiten, so gleitet es so weit nieder, bis derjenige durchschnittliche Reibungswinkel erreicht ist, welcher dem Reibungscoëfficienten während der Bewegung entspricht. Dann gelangt das Sichtgut in Ruhe, wird sofort gehoben, bis *m n* erreicht ist, um dann wieder nach *m' n'* abzugleiten u. s. w.

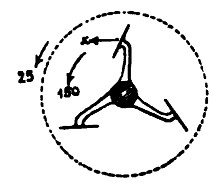


Fig. 196. Centrifugal-Sichtmaschine.

Für die Weiterbeförderung des Sichtgutes in der Längenrichtung des horizontal gelegten Cylinders sorgen im Inneren angebrachte schrägstehende Bleche; für das Offenhalten der Siebmaschen gegen die Aussenseite wirkende Bürsten.

Centrifugal-Sichtmaschinen sind cylindrische Siebe, in welchen Schläger rasch rotieren, um das Sichtgut gegen die Siebfläche zu werfen. Fig. 196 zeigt den Querschnitt. Das mit Seidengaze an der Innenseite bespannte cylindrische Gerippe rotiert langsam, mit etwa 25 Touren, in derselben Richtung, in welcher sich die Schläger mit 150 bis 200 Touren bewegen. Die Schlägerleisten sind nicht völlig gerade, zur Sichterachse parallele Schienen, sondern sie sind schraubenartig gewunden und helfen hierdurch das Sichtgut von der Eintritts- zur Austrittsseite befördern.

Da die Wurfrichtung in der Hauptsache eine zum Schlägerkreise tangentielle ist, so müssen die Mahlguttheilchen unter spitzem Winkel das Sieb treffen, wodurch eine nicht unbedeutende Inanspruchnahme, beziehungsweise Abnützung des Siebes bedingt ist; doch kann pro Flächeneinheit des Siebes ein höheres Quantum gesiebt werden, als mit allen bisher erwähnten Siebmaschinen. Diese Sichtmaschinen wurden insbesondere durch Nagel & Kaemp in Hamburg eingeführt.

Plansichter, Plansiebe mit kreisender Bewegung.

Wird ein ebenes horizontales Sieb so bewegt, dass jeder Punkt des Siebes eine Kreisbahn gleichen Halbmessers mit gleichförmiger Geschwindigkeit durchläuft, so nennen wir diese Bewegungsweise kreisende Bewegung. Erfolgt dieselbe langsam, so machen die auf dem Siebe liegenden Mahlguttheilchen die Bewegung des Siebes mit, ohne sich auf demselben zu verschieben; von einer gewissen Geschwindigkeit an beginnt jedoch eine relative Bewegung der Sichtguttheilchen auf dem Siebe, welche gleichfalls eine krummlinige, annähernd kreisförmige (cycloidale) Bewegung ist. Man kann diese Geschwindigkeit, beziehungsweise die Tourenzahl für einen gegebenen Radius der Kreisbewegung, nach der S. 231 gegebenen Gleichung

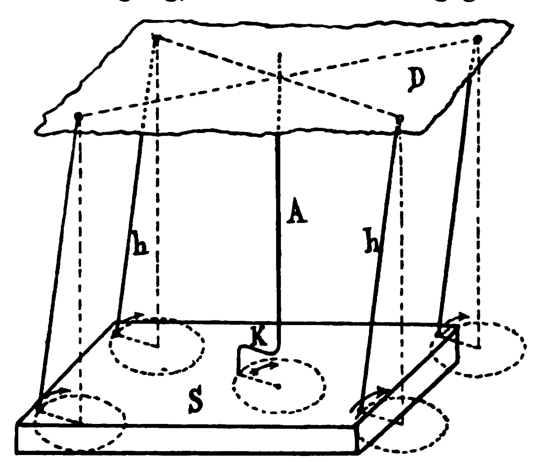


Fig. 197. *S* Sichterkasten, *A* Achse, *K* Kurbel, *h* Hängestangen.

$n^2 = \frac{30^2}{\pi^2} \frac{\varrho g}{\varepsilon}$ bestimmen oder man kann folgende zu gleichem Ergebnisse führende Betrachtung anstellen. So lange die Fliehkraft der die Kreisbewegung mitmachenden Theilchen kleiner ist als der Reibungswiderstand, so lange wird eine Verschiebung der Sichtguttheilchen auf dem Siebe nicht erfolgen. Die Verschiebung beginnt für den Grenzfall, Fliehkraft gleich Reibungswiderstand, d. i. für $\frac{G v^2}{r g} = G \varrho$; setzt man den Werth $v = \frac{2 \pi r n}{60}$ ein, so findet man $n^2 = \frac{30^2}{\pi^2} \frac{\varrho g}{r}$, oder für $r = \varepsilon$ die Gleichung $n^2 = \frac{30^2}{\pi^2} \frac{s g}{\varepsilon}$.

Der das Sieb oder meist mehrere übereinander angeordnete Siebe enthaltende Rahmen (Kasten) wird an seinen vier Ecken entweder durch in Kugellagern hängende Parallelstangen getragen,

oder auf die Zapfen von vier Parallelkurbeln aufgesetzt. Die kreisende Bewegung wird dem Sichter durch eine Kurbel ertheilt. deren Kurbelzapfen in ein Lager eingreift, welches sich in der Mitte des Kastens an dessen oberer, beziehungsweise unterer Seite befindet, je nachdem derselbe aufgehängt oder durch die Parallelkurbeln getragen wird (Fig. 197).

Die untenstehende Fig. 198 zeigt den Grundriss eines der im Plansichterkasten eingesetzten Siebrahmen. Ueber dem Siebe sind Leisten — Förderleisten — angebracht, desgleichen Abtheilungswände, welche die kreisende Bewegung des Sichtgutes derartig beeinflussen, dass dasselbe einen vorgeschriebenen Weg über das Sieb zurücklegen muss, wodurch eine vorzügliche Ausnützung des Siebes stattfindet.

Der Erfinder dieser Sichtmaschine, Carl Haggenmacher, besorgt das Maschenreinhalten durch Anwendung sogenannten

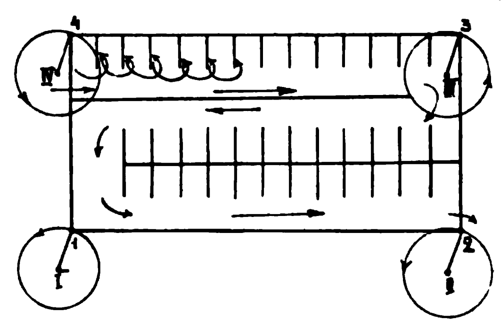


Fig. 198. *I*, 1 bis *IV*, 4 Parallelkurbeln. Die Pfeile deuten den Weg des Sichtgutes an.

Putzgutes. Die Siebe verlegen sich nämlich durch adhärierende feine Stäubchen vorwaltend von der Unterseite und schüttelte man schon von altersher diesen Beleg durch mannigfache stossend wirkende Theile, Klopfer etc. ab; setzt man nun dem Sichtgute, welches dem Plansichter zugeführt wird, kleine Holzkugeln, Erbsen oder ganze Getreidekörner bei, so wirkt die hüpfende Bewegung derselben reinigend auf das Sieb, indem der pelzige Belag von der Unterseite abgeklopft wird.

Durch die kreisende Bewegung des Sichterkastens werden Fliehkräfte rege, welche durch Anbringung von Ausgleichsmassen an der Treibkurbelwelle thunlichst unschädlich gemacht werden. Der Plansichter leistet bei gleicher Siebfläche mindestens das Vierfache eines Cylindersiebes.

In demselben Plansichterkasten lassen sich mehrere Siebe mit zwischenliegenden Blindrahmen anordnen. Auch letztere sind mit Förderleisten armiert und leiten das durchgefallene Sichtgut zu

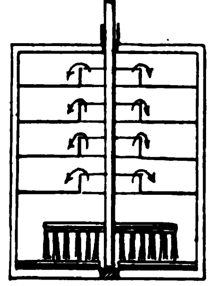
geeignet angeordneten Abführungsschläuchen. Hierdurch ist es möglich, durch einen Plansichter zwei bis fünf Siebcylinder zu ersetzen und hierdurch etwa mit dem vierten Theile des Raumes auszulangen.

Die Siebfähigkeit der verschiedenen Pulver ist ausserordentlich verschieden und kann derzeit über die Leistungsfähigkeit der Siebe keine allgemeine Regel gegeben werden.

Von sehr feinem, trockenem Getreidemahlgute können pro 1 m^2 Siebfläche stündlich bei Cylindersieben 20 bis 40 *kg*, beim Plansichter 80 bis 160 *kg* gesiebt werden.

Steigmühle und Schlämmen.

Die Sortierung so feiner Pulver, dass selbst die feinsten Siebe nicht mehr hierzu ausreichen, erfolgt entweder durch Staubbildung in geschlossenen Kästen und entsprechende Ablagerung oder durch Vertheilung in Wasser und Absetzen aus demselben.


Fig. 199. Steigmühle.

Die Steigmühle ist ein cylindrischer Kasten (Fig. 199) mit geripptem Boden. Eine verticale rotierende Achse, welche in dem Kasten achsial gelagert ist, trägt unten radiale Arme mit Bürsten. Bei der Rotation wirbeln die Bürsten über den gerippten Boden streifend das zu sondernde, in geringer Menge auf den Boden eingetragene feine Pulver staubförmig auf. Dieser Staub erfüllt den Kasten und die feinsten Theilchen steigen zuhöchst und lagern sich in den oberen Theilen des Kastens, welcher entsprechend eingebaute Kästchen besitzt, ab. Auf diese Weise sondert man die Brocatfarben (s. S. 206) nach ihrer Feinheit.

Das Schlämmen erfolgt in zwei verschiedenen Processen; 1. dem Vertheilen des zu sondernden Pulvers in einer grossen Menge Wassers oder einer anderen geeigneten Flüssigkeit mittelst Rührvorrichtungen und 2. dem Absetzen der Trübe, d. i. des im Wasser gleichmässig vertheilten Pulvers, in einer Reihe von Gefässen, welche hintereinander in Verwendung treten. Man leitet die Trübe in das erste Gefäss, lässt durch eine gewisse Zeit absetzen; zieht hierauf durch heberartig wirkende Röhren oder durch ein im entsprechenden Abstande über dem Boden angebrachtes Auslaufrohr die Flüssigkeit in das zweite Gefäss ab, lässt in diesem wieder absetzen u. s. w.

Je feiner die Theilchen, desto langsamer sinken sie zu Boden, man erhält daher im ersten Gefässe die gröbsten Theilchen, im

zweiten minder grobe u. s. w., im letzten Gefässe die feinsten Theilchen.

In dieser Weise sortiert man feine Schleifpulver, Graphit, Mineralfarben etc. etc. Auch der Thon für bessere Thonwaaren muss einer Schlämmung unterzogen werden, um ihn von Sand und feinen Steinchen zu trennen.*)

Verwendet man zum Absetzenlassen nicht mehrere aufeinander folgende Gefässe, sondern nur ein Gefäss oder eine Grube, so wird man Material verschiedener Feinheit übereinander gelagert erhalten und die spätere Trennung wird nur unvollkommen durch schichtenweises Ausheben erfolgen können.

B. Sonderung nach dem specifischen Gewichte.

Alle Verfahren zur Sortierung der Theilchen nach dem specifischen Gewichte setzen eine vorhergehende Sonderung nach der Grösse voraus, welche durch Sieben erfolgt. Rüttelt man in einem Kasten Stückchen gleicher Grösse, aber verschiedenen specifischen Gewichtes, so setzen sich die specifisch schweren Theile unten, die specifisch leichten oben. Gibt man dem Gefässboden eine schwach geneigte Lage oder stuft man ihn ab, so kann dies der Sonderung förderlich sein. Auf diesem Principe beruhen die Steinauslese-Maschinen, welche die Aufgabe lösen, Getreide von eingemengten korngrossen Steinchen zu befreien.

Sonderung durch Beihilfe von Wasser.

Als Hilfsmittel zur Beförderung der Sortierung kann insbesondere bei der Aufbereitung der Erze das Wasser herangezogen werden und findet hierbei hauptsächlich die Scheidung von Grobkorn durch das Siebsetzen, von Feinkorn mittelst der Stossherde statt.

Füllt man in ein Sieb grobkörnige Massen gleicher Korngrösse, aber verschiedenen specifischen Gewichtes und bewegt man dieses Sieb vertical in und aus dem Wasser (Fig. 200), so bewirkt das beim Niedergange durch das Sieb tretende Wasser vorwaltend ein Heben der leichteren Theile, weil sie mit geringerem Gewichte entgegenwirken. Auf maschinellem Wege wird diese Aufgabe continuierlich durch die Siebsetzmaschinen verrichtet.

Bei diesen Maschinen kann das Sieb in geneigter Lage festgestellt sein und das Wasser stossweise Bewegungen erhalten. Fig. 201 zeigt einen Querschnitt durch eine Siebsetzmaschine, S ist das Sieb, eine Wand scheidet den Raum des Siebes von jenem

*) Vgl. Karmarsch-Heeren, techn. Lexikon, III. Aufl., Bd. 9, S. 270.

Raume, in welchem sich Kolben bewegen. Der trogartige Raum unter Kolben und Sieb ist mit Wasser gefüllt; sinkt der Kolben, so steigt das Wasser durch das Sieb aufwärts, steigt der Kolben, so fliesst es durch das Sieb ab. Infolge der Wasserbewegung sammelt sich das specifisch schwerere Korn auf dem Siebe, das leichtere gelangt nach oben. Die schiefe Lage des Siebes (Neigung etwa 5°) bedingt zugleich eine allmähliche Abwärtsbewegung des Materials auf dem Siebe. Findet oben continuierliche Zuführung statt, und ist für entsprechendes Abführen des gesonderten Materials gesorgt, etwa so wie dies Fig. 202 andeutet, so ist der Betrieb ein continuierlicher.

Die Maschengrösse des Siebes wird meist so gewählt, dass das zu sondernde Material nicht durch das Sieb fallen kann.

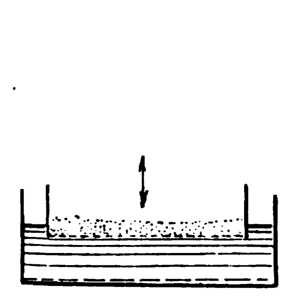


Fig. 200. Siebsetzen.

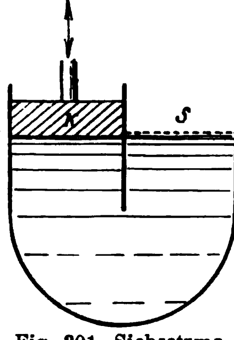


Fig. 201. Siebsetzmaschine (Querschnitt).

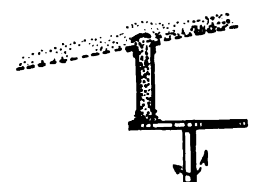


Fig. 202. Austragvorrichtung. Die Achse *A* des Austragtellers rotiert langsam.

Die **Stossherde** sind aufgehängte schwingende Kasten mit schwach geneigtem Boden. An der oberen schmalen Seite und den beiden langen Seiten ist der Stossherd durch niedere Seitenwände begrenzt, gegen unten offen.

Die schwingende Bewegung kann dem Stossherde durch Krummzapfen oder Excenter gegeben werden und hierbei stösst derselbe gegen einen Prellklotz. Ueber den Boden des Stossherdes fliesst Wasser, welches die feinen Theilchen tauben Gesteines abführt.

Beim Salzburger-Stossherd befindet sich der Prellklotz *P* am Kopfende (Fig. 203); nach der ganzen Breite fliesst Wasser zu und wird mit dem Wasser das zu sondernde Gut eingetragen. Infolge der Stosswirkung sammelt sich das specifisch schwerere, feine Korn am Kopfende, das specifisch leichtere bleibt theils auf dem Herde gegen die untere Seite zu liegen, theils wird es vom Wasser

weggespült. Infolge der allmählichen Füllung des Herdes wird die Neigung der Füllungsoberfläche eine grössere als jene des Herdbodens ursprünglich war und bedarf durch Regulierung der Hängestangenlänge einer Correctur. Ist der Herd endlich gefüllt, so sticht man den Inhalt aus. Den werthlosen Schmand entfernt man zuerst. Gemischtes Gut wird nochmals ebenso am Herde behandelt und das reine Erz vom Kopfende wird der Verhüttung zugeführt.

Bei Rittinger's Stossherd (Fig. 204) liegt der Prellklotz seitlich, die Zuführung von feinem Gute erfolgt nur auf etwa $^1/_5$ der Breite und können hier mehrere specifisch verschieden schwere Erze getrennt werden, z. B. Gold, Bleiglanz, Zinkblende, taubes Gestein, das specifisch schwerste nähert sich dem Prellklotz am meisten. Der Kastenboden besteht aus ebengeschliffenem Marmor.

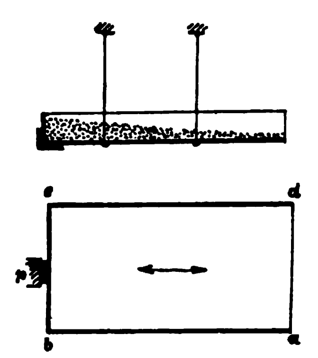


Fig. 203. Salzburger Stossherd.

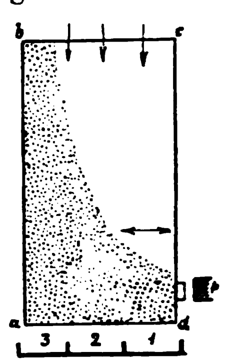


Fig. 204. Rittinger's Stossherd.

Sonderung durch Beihilfe von Luft.

Schleudert man Körner gleicher Grösse und verschiedenen specifischen Gewichtes mit gleicher Geschwindigkeit in horizontaler Richtung, so fliegen die specifisch schwereren Theile weiter, weil ihre grössere lebendige Kraft durch den Luftwiderstand nicht so bald vermindert wird, die Flugbahn daher eine flachere ist. Hiervon wird in einfachster Weise, Werfen mittelst einer Schaufel, zu dem Zwecke Gebrauch gemacht, das Getreide von leichten Verunreinigungen zu sondern und überdies nach leichteren und schwereren Körnern zu sortieren.

Fallen specifisch ungleich schwere Körnchen aus einer Spalte und bläst ein Luftstrom (Stosswind) senkrecht zur Fallrichtung, so werden die specifisch leichteren Theilchen mehr abgelenkt als die specifisch schwereren, und insbesondere geschieht dies dann,

wenn die specifisch leichteren Theilchen noch überdies plättchenförmig sind, die anderen kugelig oder polyedrisch (Fig. 205).

Dieses Sonderungsprincip wurde zur Trennung der Kerngriese von Schalengriesen und Kleie, d. i. zur Trennung gleich grosser Getreidebruchstücke, theils aus dem Inneren des Kornes und theils von den Aussentheilen desselben, verwendet. Die diesbezüglichen Maschinen heissen Griesputzmaschinen; sie können jedoch auch zur Trennung ganz anderen Materials Anwendung finden, z. B. zur Abscheidung plättchenförmigen Graphits von Thonstückchen gleicher Siebgutgrösse.

Statt des Einblasens eines Luftstromes (Stosswind) kann auch mittelst Saugventilators die Luft aus dem Kasten ausgesogen werden (Saugwind), in welchem Falle durch breitere oder mannigfach vertheilte Spalten die äussere Luft in die Maschine eintritt

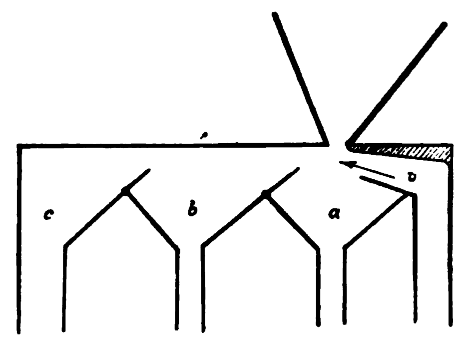


Fig. 205. Wiener Griesputzmaschine mit Stosswind. Bei *a* sammeln sich die Kerngriese in *b* Ueberschlag, in *c* Flugkleie.

und auf die fallenden Griese sanfter einwirkt, was insbesondere bei Feingriesen vortheilhaft ist.

Die constructive Durchführung kann ausserordentlich mannigfach sein und es gibt Dutzende von Varianten.

Sinnreich ist das von Cabanes zuerst angewendete Princip, die Griese in mässig hoher Schicht auf ein Rüttelsieb zu führen, den Raum über dem Siebe von jenem unter dem Siebe abzuschliessen und die Luft zu zwingen, von unten nach oben durch das Sieb zu streichen, wodurch die leichteren Theile an die Oberseite gelangen, ja sogar bei gewissen neueren Anordnungen von den specifisch schwereren Theilen abgehoben und abgeführt werden. (Näheres s. Kick, die Mehlfabrication, III. Aufl.)

Bewegte Luft zur Scheidung von Erz und taubem Gesteine zu verwenden, wurde mehrfach versucht, doch mit geringem Erfolge, indem bei diesen Materialien das Wasser weit wirksamer ist.

C. Sonderung nach der Gestalt.

Auch bei diesen Sonderungsarbeiten geht meistentheils ein Sieben mit gewöhnlichen Sieben voraus und es handelt sich dann zumeist darum, kugelige Stücke von ovalen oder ellipsoidischen und von scheibenförmigen Stücken zu trennen.

In der Flintenschrotfabrication sondert man die correct kugelförmigen Schrote von den scheibenförmigen meist durch Anwendung von schiefen Ebenen solcher Neigung, dass die Kugeln abrollen, die fehlerhaften liegen bleiben.

Dasselbe Mittel wendet man auch an, um kugelige Samen von oblongen zu trennen. Ein über Walzen geführtes Tuch ohne Ende (Fig. 206) ist unter solcher Neigung angeordnet, dass nur die kugeligen Samen abrollen und nach *b* gelangen, die anderen liegen bleiben und, durch die Bewegung des Tuches mitgenommen, nach *a* gebracht werden.

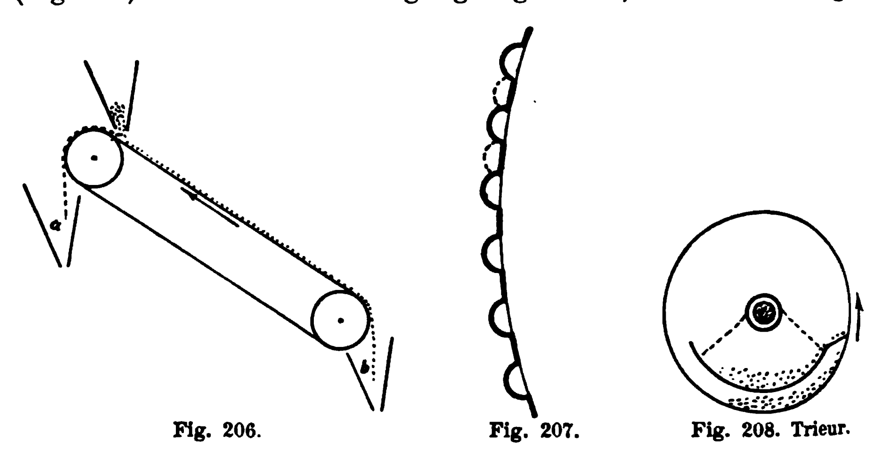


Fig. 206. Fig. 207. Fig. 208. Trieur.

Ein anderes Princip ist das des Trieurs, hierbei ist ein etwas geneigter Blechcylinder in Verwendung, welcher zahlreiche kugelsegmentförmige Grübchen enthält (Fig. 207). In diese Grübchen legen sich kugelförmige Stückchen passender Grösse, z. B. Wicken ein, während die Getreidekörner sich nicht darin festsetzen. Bei der Rotation des Trieurcylinders werden die kugeligen Stücke ziemlich hoch gehoben und fallen in die Schale Fig. 208, die oblongen Körner werden abgestreift, bleiben unter der Schale und gelangen allmählich gegen die tiefere Seite des Cylinders, wo sie ausfallen, während die kugeligen Samen durch eine Förderschnecke zu einem Auslaufe geführt werden.

D. Trennung nach dem absoluten Gewichte.

Die Sortierung nach dem Gewichte findet bei Münzen, Seidengarnsträhnen und in einigen anderen Fällen Anwendung und wird mittelst automatischer Wagen bewerkstelligt. Das hierbei angewendete, von L. Seyss erdachte Princip beruht auf der Anwendung selbstthätig auf den Wagebalken sich aufsetzender oder von ihm sich abhebender Zusatzgewichte oder Reiterchen, durch welche zeitraubendes Schwingen des Wagebalkens vermieden wird (Fig. 209).

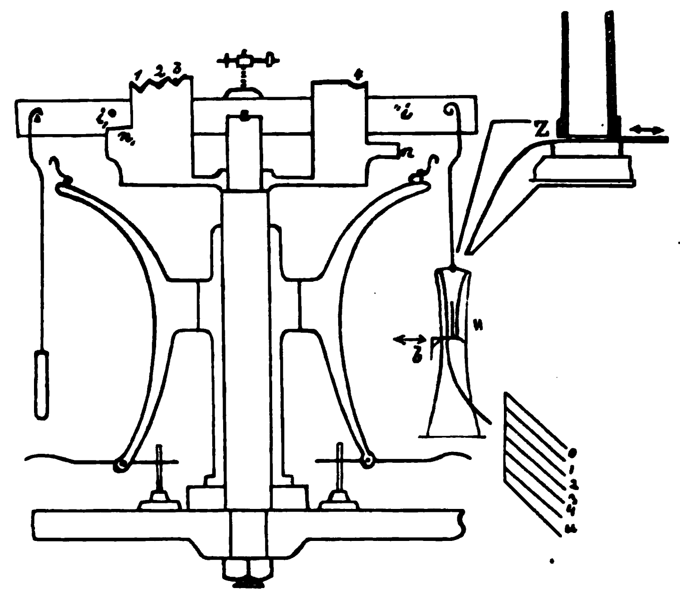


Fig. 209. Principielle Skizze der automatischen Wage nach Seyss.

Fällt die zu wägende Münze aus der selbstthätigen Zuführung *Z* in die eigenartig gebildete Wagschale *w* ein, so ist der Wagebalken noch arretiert und wird erst frei, wenn die Münze zur Ruhe gelangt.

Der frei gewordene Wagebalken dreht sich nun in der Uhrzeigerrichtung, wenn die Münze schwerer ist als sie sein sollte, und entgegengesetzt, wenn sie leichter ist. Je nach der Drehungsrichtung gelangt entweder das Reiterchen 1, sodann eventuell auch 2 und 3 oder auf der Gegenseite das Reiterchen 4 zum Abhube, indem diese Reiterchen von den entsprechenden Einschnitten der Stahlplatten abgenommen werden; endlich gelangt der Stift *i* oder *i'* zum Anliegen an der entsprechenden Stufe *n* oder *n'*. Ist die Münze viel zu leicht oder viel zu schwer, so begrenzt eine dieser

Stufen *n* oder *n'* die weitere Drehbewegung und nun fällt die Münze durch selbstthätige Verschiebung des Bodens der arretierten Wagschale (Tasche) in den obersten oder untersten Canal. Sind die Münzen innerhalb des Remediums zu schwer oder zu leicht, so gelangt der Wagebalken durch Abhub des Reiterchens 1, beziehungsweise 4 annähernd zur Ruhe; es findet die Arretierung der Wagschale, die Verschiebung des Bodens *b* und das Abgleiten der Münzen in jenen Canal statt, welcher für die richtigen Münzen bestimmt ist; sind die Münzen über das Remedium oder die Toleranz hinaus zu schwer, so werden sie durch Abhub der Reiter 2 und 3 zunächst noch sortiert, beziehungsweise durch besondere Canäle abgeführt, da die zu schweren Münzen durch Beschaben rectificiert werden können und dieses Beschaben je nach dem Grade des Uebergewichtes erfolgen kann.

Da alle Stosswirkungen durch die Arretierungen ausgeschlossen sind und durch Abhub der Reiterchen die Bewegung wesentlich vermindert wird, so kann die maschinelle Abwage einer Münze in 10 bis 15 Secunden beendet sein. Zu einer Sortiermaschine sind mehrere, etwa zwölf Wagen vereinigt und arbeiten gleichzeitig, sie wiegen stündlich 2900 bis 4300 Münzen, während ein Arbeiter höchstens 900 Münzen abwiegt, ohne dieselben so scharf zu sortieren.

Nach Professor Brauer ist der Wagebalken der Ludwig Seyss'schen Wagen im indifferenten Gleichgewichte und nimmt bei seiner Bewegung die staffelförmig aufgestellten Belastungshäkchen auf. Ist die Münze schwer genug, ein bestimmtes Häkchen noch vollkommen aufzuheben, so geht der Balken weiter bis zum nächst höheren und versucht auch dieses noch zu bewegen, beziehungsweise findet er an ihm die Wegbegrenzung. Hierdurch werden Schwingungen vermieden und Unordnungen, welche entstehen würden, wenn die aus der Tasche gleitende Münze gegen die Zwischenwand zweier Canäle stossen könnte.

E. Sonderung nach dem magnetischen Verhalten.

Eisen- und Stahltheilchen können aus Substanzen, welche von Magneten nicht angezogen werden, durch diese entfernt werden. Man wendet hierzu mit Vortheil horizontale rotierende Cylinder mit eingesetzten Magneten an, gegen deren Aussenfläche man von oben einen gleichförmigen, nicht zu starken Strom der zu sondernden Substanzen treten lässt. Die Eisentheile bleiben am Cylinder (Trommel) hängen, während die anderen Theile von ihm bei der Drehung abfallen. Die an den Magneten haftengebliebenen

Eisenstückchen streicht man von der Trommel an geeigneter Stelle durch eine Abstreichbürste oder dergleichen ab und lässt sie in eine besondere Abtheilung des den Magnetcylinder umgebenden Kastens fallen.

In dieser Weise sondert man Eisenstifte, Schrauben u. dgl. vom Getreide, Eisenspäne von Bronzespänen u. dgl.

F. Trennung von Flüssigkeiten und fester Substanz.

Diese Trennungsarbeiten finden maschinell durch Centrifugen, Filterpressen und verschiedene andere mechanische Pressen

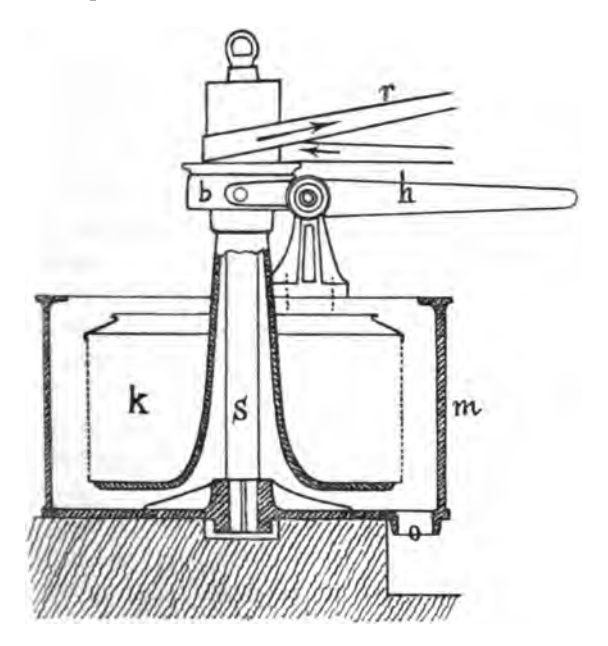


Fig. 210. Centrifuge oder Centrifugaltrockenmaschine. *S* festgestellte Säule, *k* Korb, *m* Mantel, *o* Auslauf für die ausgeschleuderte Flüssigkeit, *b* Bremse, *h* Bremshebel, *r* Treibriemen.

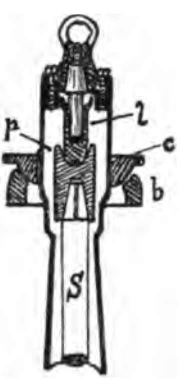


Fig. 211. Schnitt durch das Lager. *p* Pfanne, *l* Lager, *c b* Bremse.

statt. Bei den Centrifugen oder Centrifugaltrockenmaschinen wird das Gemenge von Flüssigkeit und fester Substanz, z. B. nasse Garne, Gewebe, Papierhalbzeug, mit Melasse vermengter Krystallzucker u. a., in ein rotierendes Gefäss gebracht, dessen Geschwindigkeit so gross sein muss, dass die Fliehkraft, welche die Flüssigkeitstheilchen erlangen, grösser ist als die Capillarattraction.

Im wesentlichen ist die Centrifuge nichts anderes als ein rasch rotierendes Gefäss — „Korb" — durch dessen siebartige Wandungen

die Flüssigkeit aus dem dasselbe füllenden Material in einen äusseren Mantel gelangt. Das Princip ist also höchst einfach, hingegen der Bau guter Centrifugen — wegen der Schwierigkeit dauerhafter Lagerung, gleichförmiger Massenvertheilung und bequemen Gebrauches — kein leichter.

Meist ist die Rotationsachse vertical, ihr Antrieb erfolgt durch Riemen oder Frictionsscheiben und eine Bremse hält nach erfolgtem Centrifugieren den rotierenden Korb an.

Fig. 210 zeigt eine Centrifuge mit Antrieb von oben, *k* ist der Korb, *m* der Mantel, *b* die Frictionsbremse. Die interessante Lagerung ist gesondert im Schnitt (Fig. 211) skizziert.

Die Fliehkraft $F = \frac{G v^2}{g r} = \frac{4 \pi^2 G r n^2}{3600}$ ist abhängig vom Radius r und der Tourenzahl n, insbesondere von letzterer. Indem es schwierig ist, den Korb so gleichmässig mit auszuschleuderndem Material zu füllen, dass sich die Fliehkräfte bezüglich der Achse aufheben, und diese Schwierigkeit mit der Grösse des Korbes wächst, so empfiehlt es sich, die Wirkung durch grosse Tourenzahlen, 1000 bis 1800, bei mässigen Durchmessern (unter 1 *m*) zu erreichen; die Umfangsgeschwindigkeit der Centrifuge kann 50 bis 60 *m* betragen.

Hierdurch vermag man Baumwollwaare, welche bis 180% Wasser aufnehmen kann, in circa 1/4 Stunde auf 35 bis 32% Wassergehalt auszuschleudern. Seide entlässt das Wasser bis circa 30%, Leinen bis circa 25%.*)

Die Centrifugen werden auch mit Vortheil zur Trennung von Emulsionen verschiedenen specifischen Gewichtes verwendet. Die Milchcentrifugen bewirken, dass sich die specifisch schwerere Magermilch gegen den Umfang, die leichtere Sahne (Obers, Schmetten) näher an der Rotationsachse ablagert. (S. Karmarsch-Heeren, techn. Wörterbuch, Bd. 6, S. 147.)

Filterpressen sind Vorrichtungen, bei welchen das Gemenge von viel Flüssigkeit mit verhältnissmässig wenig fester Substanz mittelst Pumpen in Filtersäcke gepresst werden kann, welche Säcke durch geeignete Fassung befähigt sind, den Flüssigkeitsdruck auszuhalten. Fig. 212 zeigt schematisch eine solche Anordnung. *p* sind die Platten, welche die Säcke *s* umschliessen; *R* ist das Zuleitungsrohr der zu filtrierenden Flüssigkeit, *a* die Ablaufrohre der von der festen Substanz befreiten Flüssigkeit.

---

*) Ueber Centrifugaltrockenmaschinen s. Grothe, Technologie der Gespinstfasern, I. Bd., S. 116 etc. — Ferner Deutsche Reichspatente, Classe 45.

Die Filterpressen sind entweder Kammer- oder Rahmenpressen. Erstere bestehen, wie bereits angedeutet, aus einem System ausgehöhlter, längs den Rändern dicht aneinander schliessender Platten mit verticalen Riefen oder Rinnen, welche gegen unten mit Ausläufen in Verbindung stehen. Zwischen je zwei Platten kommt ein Filtersack oder entsprechend zusammengelegtes Filtertuch zu liegen, welches einen Hohlraum bildet, in welchen das zu Filtrierende eingepumpt werden kann. Das Zuleitungsrohr kann entweder ausserhalb der Platten oder doch ausserhalb der Filter angeordnet sein oder centrisch in das Innere gelegt werden, in welch letzterem Falle alle Platten und Filter entsprechende centrische Durchbrechung und gegenseitige Abdichtung aufweisen. Es wird zumeist mit $1^1/_2$ bis 3 Atmosphären gepresst. Die Flüssigkeit durchdringt das Tuch, fliesst in den Rinnen der Platten ab und wird durch Hähne nach auswärts geleitet, während die feste Substanz (der Schlamm) im Filter sich sammelt und schliesslich in Kuchenform entfernt werden kann.

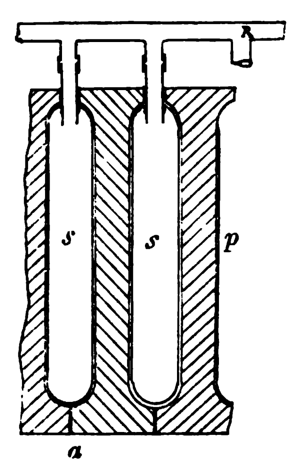


Fig. 212. Filterpresse.

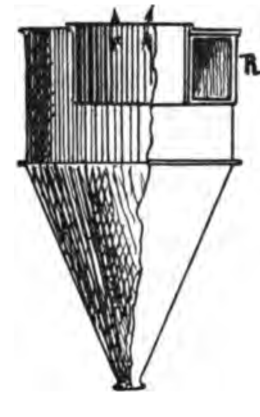
Bei den Rahmenpressen sind die beiden gefurchten Flächen der Platten mit gelochtem Eisenblech — Sieb — belegt und wird zwischen je zwei solche Siebplatten ein leerer Eisenrahmen eingesetzt. Die Platten werden mit Filtriertuch überzogen und nach dem Aneinanderpressen der ganzen Folge von Platten und Rahmen wird in den von Tuch umschlossenen Hohlraum die Flüssigkeit eingelassen. Der Schlamm bleibt zwischen den Filtriertüchern, während die reine Flüssigkeit durch das Tuch und die Oeffnungen der Metallsiebe abfliesst.

Die späteren Abänderungen an den Filterpressen beider Systeme (von Trinks, Dehne, Kroog, Čižek u. A.) bestanden in Erhöhung der Leistungsfähigkeit, besserer Abdichtung der Saft- und Wassercanäle durch Gummiringe, automatischer Entluftungsvorrichtung, hydraulischem Verschlusse der Presse, Anbringung sämmtlicher Canäle ausserhalb der Filterfläche, so dass Tücher ohne Löcher angewendet werden können u. a. m.*)

*) S. das österr. Privilegium des Herrn Ivan Čižek vom 13. August 1884.

Bei der Arbeit mit der Filterpresse gilt als Hauptbedingung die Reinhaltung aller Durchgänge und der Filterflächen, sowie die sorgfältigste Ueberwachung, dass die beim Anlassen der Presse oder beim Reissen eines Tuches trüblaufenden Hähne sofort geschlossen werden.

Bezüglich der Trennung von fester Substanz und Flüssigkeiten durch Pressung ist zu bemerken, dass auch hier das Auspressen gewöhnlich in der Weise erfolgt, dass die nasse Substanz in Presssäcke gefüllt, mit diesen einem kräftigen Drucke ausgesetzt wird, zu dessen Hervorbringung Pressen sehr verschiedener Anordnung, Hebel-, Schrauben- und insbesondere hydraulische Pressen, verwendet werden. Diesbezüglich sei auf die eingehenden Artikel „Pressen" in Karmarsch-Heeren's technischem Wörterbuche, III. Aufl., Bd. 7, S. 20 bis 59, und Weissbach's Ingenieur- und Maschinenmechanik, bearbeitet von Professor Gustav Herrmann, Bd. 2, S. 701, verwiesen.



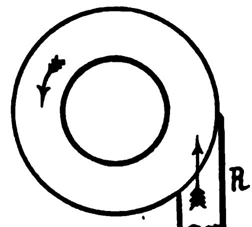


Fig. 213. Cyclon.

G. Trennung von Staub und Luft.

Je nach der Feinheit des in der Luft enthaltenen Staubes lässt sich die Abscheidung entweder durch kreisende Bewegung der Staubluft in einem Gefässe oder durch Anwendung von Filtertüchern erreichen; erstere Trennungsweise erfolgt bei gröberem Staube in einer Cyclon genannten Vorrichtung. Die Staubluft wird tangentiell in den oberen cylindrischen Theil des sonst kegelförmigen Gefässes eingetrieben, die mitgeführten Staubtheile setzen sich grösstentheils durch Fliehkraftwirkung an dem Blechmantel ab und gleiten an ihm abwärts, während die von allen gröberen Staubtheilchen gereinigte Luft durch das centrische Rohr aus dem Cyclon entweicht. Der Staub wird in Säcken gesammelt (Fig. 213).

Wendet man Filtertuch (Flanell oder dergleichen) an, so kann die Anordnung ausserordentlich mannigfach disponiert sein.*)

Mag das Filtertuch als Sack, ebene Wand, sternförmig oder als endloses Tuch angeordnet sein, immer wird sich dasselbe nach

*) S. Dingler's polyt. Journal, Bd. 269, S. 25.

kurzem Gebrauche mit Staub dicht belegt haben und einer Reinigung durch Abklopfen bedürfen.

Es gilt die Construction so durchzuführen, dass der beim Abklopfen fallende Staub nicht sofort durch die Luftbewegung wieder an das Tuch angetrieben wird, sondern aus dem Staubsammler entfernt wird. Wird die Luft z. B. in das Innere eines ausgespannten Sackes getrieben, derart, dass der unten offene, oben geschlossene und mit der Spannvorrichtung verbundene Sack über einer Oeffnung des Staubluftcanales angeordnet ist, so muss beim Abklopfen, welches durch Nachlassen und Spannen des Sackes in mehrmaligem Wechsel geschieht, die untere Oeffnung durch Heben eines Staubabführtrichters geschlossen werden. Es stehen hierbei mehrere Säcke mit dem Staubluft führenden Canale in Verbindung, welche abwechselnd in regelmässigen Zwischenräumen automatisch abgeklopft werden.

Treibt man Staubluft in grössere Räume, so findet die Staubablagerung wohl in einfachster Weise statt, aber bei organischem Staube (Holz- oder Mehlstaub) sind solche Räume sehr gefährlich, weil solche Staubluft entzündlich und explosibel ist.

3. Mengungsarbeiten.

Auch die Arbeiten des Mengens oder Mischens sind mannigfach, je nachdem es sich um die innige Mischung verschiedener Pulver oder das Mengen von fester Substanz mit verhältnissmässig wenig Flüssigkeit oder das Vertheilen von fester Substanz in viel Flüssigkeit handelt.

Zum Mischen grösserer Mengen pulverförmiger Substanzen verwendet man hauptsächlich zwei principiell verschiedene Systeme von Mischmaschinen; solche mit Streutellern und mit Walzen.

Bei den Mischmaschinen mit Streutellern oder Wurfscheiben werden die zu mengenden Pulver (Erdfarben, Mehl u. dgl.) in dem beabsichtigten Mischungsverhältnisse in eine entsprechend grosse Gosse gegeben, aus welcher die Substanzen auf eine unterhalb der Auslauföffnung der Gosse angebrachte rasch rotierende Scheibe fallen, welche meist mit verticalen kurzen Zapfen besetzt ist und die zu mengenden Pulver rundum ausschleudert. Diese Wurfscheibe (Streuteller) ist entweder nahe der Decke eines Zimmers oder nahe der Decke eines im Grundriss quadratischen Kastens angebracht. Die Anordnung wird vortheilhaft in zwei, ja drei Etagen derart ausgeführt, dass der untere Theil der obersten Etage als Gosse für die nächst tiefere Abtheilung, beziehungsweise

für den zweiten Streuteller gestaltet ist u. s. w. Die Mengung ist eine gute, der Raumbedarf aber gross.

Die Mischmaschinen mit Walzen sind so gebaut, dass in einen parallelopipedischen Kasten die zu mengenden Pulver eingefüllt werden, gegen unten verengt sich der Kasten gossenartig und unter dem breiten Auslauf sind zwei Walzen angeordnet, welche das Pulver abführen und gegen eine unter den Walzen angebrachte Förderschnecke (Mehlschraube) fallen lassen. Diese führt das Pulver einem Elevator (Paternosterwerke) zu, welcher es hebt und oben neuerlich in den Kasten fallen lässt. Da bereits aus dem ersten

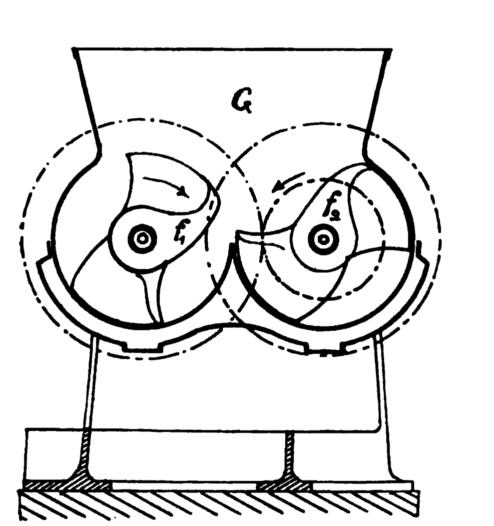


Fig. 214. Verticalschnitt einer Knetmaschine, G Knetgefäss, f_1 f_2 Flügel.

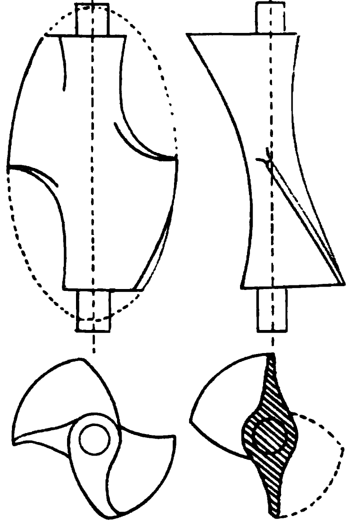


Fig. 215. Grundriss und Seitenansicht der Flügel.

Theile (s. S. 11) bekannt ist, dass die Bewegung der ein cylindrisches oder prismatisches Gefäss füllenden Theilchen beim Ausflusse aus einer Bodenöffnung mit ungleichen Geschwindigkeiten, also mit Verschiebung der Schichten erfolgt, und im vorliegenden Falle lockerer Füllung diese Schichtenverschiebung noch durch über den Walzen eingelegte Gleitflächen befördert werden kann, so ist die Wirkung wohl erklärlich.

Zum Mengen von Pulvern mit so geringen Flüssigkeitsquantitäten, dass eine teigige Masse entsteht, wendet man Teigknetmaschinen an, welche zumeist mittelst eigenthümlich gestalteter Flügel, deren zwei gegeneinander arbeiten, das Mengen besorgen. Die Form der Flügel wird mannigfach abgeändert und

werden diese Maschinen auch in den verschiedensten Grössen gebaut, die kleineren z. B. für Glaserkitt (Bergkreide und Leinöl) mit Handbetrieb, die grösseren mit Riementrieb. Fig. 214 und 215 zeigen eine solche Maschine, um deren Einführung sich die Maschinenfabrik Werner & Pfleiderer in Cannstadt, Württemberg, verdient gemacht hat.

Den Knetmaschinen ähnlich wirken Walzen und Kollergänge. Durch diese bereits bekannten Mittel werden sehr innige Mengungen erzielt, doch ist die Leistung eine geringere. Der sehr kräftig wirkenden Walzen bedient man sich in Kautschukwaarenfabriken und wendet hierbei erwärmte Walzen an; kleiner Kollergänge, Melangeurs, bedient man sich in der Chocoladefabrication.

Mischmaschinen zum Vertheilen von fester Substanz in viel Flüssigkeit sind meist Rührwerke. In das meist cylindrische Mischgefäss ist eine verticale Welle mit daran befestigten Armen eingesetzt, welche mit mässiger Tourenzahl gedreht wird.

Hierher gehören die in Schlämmereien zu dem Zwecke der Bildung der „Trübe" angewendeten Rührwerke, die Bütten der Papierfabriken, in welchen Papierzeug (Ganzzeug) in viel Wasser gleichmässig vertheilt wird, die Maischbottiche der Bierbrauereien und ähnliche Vorrichtungen.

V. Theil.

Von den Arbeiten zur Aenderung der Gestalt oder den Formänderungsarbeiten.

Zu den Formänderungsarbeiten gehören das Giessen, die Hammerarbeit und das Schmieden, das Walzen, Ziehen, Pressen, Stanzen, Prägen und jene Arbeiten, bei welchen die Form des Werkstückes durch Abtrennen von Spänen verändert wird, als das Drehen, Bohren, Hobeln, Feilen, Fräsen und Schleifen.

I. Abschnitt.

Das Giessen.

Von der Giessbarkeit als einer wichtigen Arbeitseigenschaft sprachen wir bereits im ersten Theile. (Vgl. S. 7.)

Alle jene Operationen, welche erforderlich sind, Metalle oder andere feste Körper in flüssigen Zustand zu bringen, in Formen zu giessen, in denselben erstarren oder erhärten zu lassen und hierauf in der so erlangten Gestalt (als Gussstück) aus der Form zu nehmen, bilden zusammen die Giesserei.

In Bezug auf das Material, welches zum Gusse verwendet wird, unterscheidet man die Eisengiesserei, die Bronze-, Messing-, Blei-, Zinn-, Gyps-, Cementgiesserei u. s. w. Die Tombackgiesserei wird auch als Rothgiesserei, die Messinggiesserei als Gelbgiesserei bezeichnet.

Die zum Guss benützten Metalle können in verschiedenen Oefen eingeschmolzen werden und in dieser Beziehung wird Tiegelguss, Flammofenguss, Cupolofenguss unterschieden.

Die Form, in welche gegossen wird, und deren Hohlraum durch das geschmolzene Material ausgefüllt wird und dadurch die Gestalt des Gussstückes bedingt, kann gleichfalls aus sehr verschiedenen

Materialien bestehen, als: Sand, Masse (Gemenge aus Sand und Lehm), Lehm, Eisen, Messing, Stein, Holz, Papier etc. etc.

Diesbezüglich unterscheidet man, namentlich als Arten des Eisengusses, den Sand-, Masse- und Lehmguss.

Sand und Masse werden meist in Rahmen, „Kasten" oder „Flaschen" als Formmaterial angewendet und daher rührt die Benennung Kasten- oder Flaschenguss.

Eiserne und überhaupt metallene Formen, Schalen genannt, geben Veranlassung zur Benennung Schalenguss.

In Bezug auf die Form oder die Art des Gussstückes sind die Beziehungen: Kugel-, Räder-, Topf-, Lettern- oder Schrift-Giesserei, Kerzen-Giesserei u. dgl. im Gebrauch. Unter Kunstguss versteht man die Herstellung von Figuren durch den Guss.

So mannigfach auch die Arten der Giesserei sind, so lassen sich doch gewisse Grundsätze angeben, welche das Verständniss des Vorganges erleichtern.

Das zum Giessen taugliche Metall muss beim Erstarren dichte Gussstücke liefern und die Form vollständig ausfüllen.

Dieser Bedingung widersteht das Kupfer. Die Erlangung dichter Güsse erheischt übrigens bei allen Metallen die Beobachtung gewisser Vorsichten. Der Grad der Erhitzung des geschmolzenen Metalles muss der richtige sein. Ist das flüssige Metall bedeutend über seinen Schmelzpunkt erhitzt, so entsteht meist blasiger Guss. Hingegen würden leichtflüssige Metalle, in Formen gegossen, welche die Wärme gut leiten, erstarren, ehe sie die Form vollständig ausfüllen, wenn man sie nicht überhitzte oder die Form nicht annähernd bis zum Schmelzpunkte des Metalles vorgewärmt hätte. Es richtet sich die erforderliche Temperatur des flüssigen Metalles daher nicht nur nach diesem, sondern auch nach dem Material, der Gestalt und dem Grade der Vorerhitzung der Form. Die Form muss der Luft den Abzug gestatten, zu welchem Zwecke dieselbe entweder aus einem luftdurchlässigen Material (magerer Sand) bestehen oder mit Luftabzügen (Windpfeifen) versehen sein muss. Unnöthige Ueberhitzung ist auch der meist eintretenden Oxydation wegen zu meiden. Zink und Zinklegierungen (Messing, Tomback) veranlassen überhitzt die Bildung von Zinkoxyd. Das Zink verbrennt theilweise, einen Rauch aus weissen, leichten Flocken ausstossend; Zinklegierungen werden überhitzt ärmer an Zink, und dies umsomehr, je länger die Ueberhitzung dauert.

Das vollkommene Ausfüllen der Form hängt von der Dünnflüssigkeit des Metalles ab. In dieser Beziehung zeichnet sich graues

Roheisen (Gusseisen), insbesondere phosphorhaltiges, und Zink besonders aus und liefern diese Metalle daher vorzüglich reine Güsse. Denselben kommt noch weiter die Eigenschaft zu, dass sie sich unmittelbar vor oder bei dem Erstarren etwas ausdehnen (quellen) und hierdurch die Formen um so besser ausfüllen.

Im allgemeinen folgen die Metalle dem Gesetze, sich beim Erwärmen auszudehnen, beim Erkalten zusammenzuziehen. Aus diesem Grunde ist das erkaltete Gussstück stets kleiner als der Hohlraum der Form. Diese Volumsverminderung nennt man Schwinden und die lineare Zusammenziehung Schwindmass.

Das Schwindmass beträgt bei Gusseisen durchschnittlich 1%, bei Stahl 1·8%, bei Messing und bei zinkhaltiger Bronze 1·6%, reiner Bronze 0·8%, Zink 1·3%, Zinn 0·7%. Um Gussstücke von genauen Abmessungen zu erhalten, muss das Schwindmass speciell ermittelt werden. Mit Rücksicht auf dasselbe müssen die Formen und daher auch die Modelle zur Herstellung der Formen grösser gehalten werden. Man bedient sich deshalb in den Modelltischlereien und Giessereien eigener Schwindmassstäbe, deren Theilung um den Betrag des Schwindmasses grösser ist, als jene der gewöhnlichen Massstäbe.

Durch das Schwinden vermindert sich die Grösse des Gussstückes im allgemeinen. Es kann aber das ungleichzeitige Erstarren das Nachfliessen noch geschmolzenen Materials zu Stellen, wo bereits die Volumsverminderung eingetreten ist, zur Folge haben und hierdurch können je nach der Form des Gussstückes an gewissen Stellen Löcher oder Vertiefungen entstehen. Diese Erscheinung bezeichnet man durch den Ausdruck Saugen und falls dasselbe sich darauf beschränkt, aus dem Anguss oder Gusszapfen Material nachzuziehen, durch Nachsacken. Findet die Zusammenziehung derart statt, das ebene Platten krumm, oder Theile, welche eine bestimmte Krümmung haben sollen, eine andere annehmen, so heisst dies Werfen.

Durch die richtige Wahl des Metalles, d. h. z. B. eines solchen Gusseisens, welches die üble Eigenschaft des Werfens nicht besitzt, durch entsprechende Erhitzung desselben, bei Schalenformen für Zinnguss durch geeignetes Vorwärmen dieser, ferner durch Anwendung hoher Angüsse (Gusszapfen) trachtet man correcte Gussstücke zu erzielen.

Das Schwinden kann bei grossen, nicht genügend nachgiebigen Formen (z. B. Lehmformen) auch ein Reissen des Gussstückes zur Folge haben, welches bei grossen Stücken durch Anwendung porösen, zusammendrückbaren Formmaterials, wohl auch durch Aus-

ziehen von Keilen nach dem Erstarren, welche Keile Theile der Form bildeten, verhindert wird. Bei manchen kleinen Stücken öffnet man die Form nach dem Erstarren und vor der weiteren Abkühlung.

Beim Schmelzen der meisten Metalle und Legierungen bildet sich durch Oxydation oder durch Verschlackung beigemengter Theile eine Schlacke (bei Zinn „Asche", bei Gold „Krätze"), welche sich auf der Oberfläche der Gusspfanne oder des Tiegels sammelt und deren Eintreten in die Form beim Gusse durch Abstreifen oder durch Vorsetzen eiserner Schienen u. dgl. verhindert werden muss. Das Eingiessen des geschmolzenen Metalles muss in gleichmässigem, ununterbrochenem Strome geschehen, weil bei Unterbrechungen leicht kaltgüssige (unganze) Stücke entstehen.

Die Form, in welche gegossen wird, soll dauerhaft und scharf sein, d. h. mindestens einen reinen Guss liefern. Im allgemeinen, insbesondere aber bei Eisenguss, ist es wünschenswerth, wenn das Material der Form ein schlechter Wärmeleiter ist, weil dadurch das Erstarren allmählicher und gleichmässiger geschieht und bei Eisenguss ein im Bruch graues, gut bearbeitbares Gussstück erhalten wird. Aus diesen Gründen und aus ökonomischen Rücksichten wendet man für Eisen-, Bronze- und Messingguss meistens Sand-, Masse- oder Lehmformen an. Kanonen, wenn aus Bronze gegossen, bedürfen jedoch eiserner Formen, welche rasche Erstarrung bedingen; denn nur hierdurch wird das Gussstück in seiner Masse gleichförmig. Bei langsamem Erstarren scheiden sich Legierungen verschiedenen Zinngehaltes ab, welche den Gasen des Explosivs ungleichen Widerstand entgegensetzen. Das Material der Form muss das Herausheben des Gussstückes gestatten und darf nicht an dasselbe anschmelzen.

Die Form ist entweder eine bleibende oder verlorene.

Bleibende Formen gestatten wiederholte Güsse und bestehen aus Gusseisen, Schmiedeeisen, Messing, Sandstein, Schiefer etc., je nach dem Schmelzpunkt des Metalles, welches gegossen wird; sie sind zwei- oder mehrtheilig. Verlorene Formen dienen nur einem Gusse und werden aus Sand, Masse und Lehm hergestellt, entweder mit Zuhilfenahme eines Modelles oder einer Schablone.

Die Arbeiten des Giessers zerfallen in:

1. Die Herstellung der Form oder das Formen.
2. Das Schmelzen des Metalles und das Giessen.
3. Die Appretur des Gusses.

Das Formen.

Für die den Techniker zumeist interessierende Eisengiesserei werden gewöhnlich Sand-, Masse- oder Lehmformen verwendet.

Der Formsand ist eine Mischung von viel Quarzsand (etwa 97%) mit wenig lehmigen oder thonigen Theilen (etwa 3%), er lässt sich im feuchten Zustande ballen, ohne seine Porosität völlig zu verlieren und besitzt gestampft Bindung genug, um grösseren Pressungen des flüssigen Metalles zu widerstehen.

Der Formsand der Eisengiessereien kann mehrmals verwendet werden und kommt durch die später zu beschreibende Manipulation etwas Kohlenstaub in denselben, ja nicht selten wird dem Formsande absichtlich Kohlenstaub zugesetzt, um etwas zu fetten Sand magerer oder etwas zu mageren Sand bindiger zu machen.

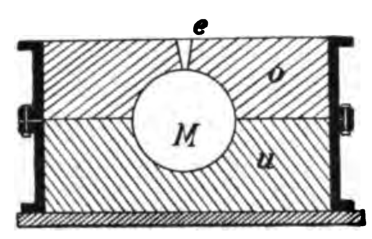


Fig. 216. Formen mit ganzem Modell.

Unter Masse ist ein Formsand höheren Thongehaltes zu verstehen; die aus demselben hergestellten Formen müssen vor dem Gebrauche zum Guss getrocknet werden.

Zur Herstellung der Sand- oder Masseformen werden sehr häufig sogenannte Formkasten oder Flaschen benützt, es sind dies eiserne Rahmen meist rechteckiger Gestalt, in welche Formsand unter geeigneter Benützung des Modelles eingestampft wird.

Bei Benützung eines eintheiligen Modelles ist der Vorgang folgender: Auf das Formbrett (Fig. 216) wird der Kasten *u* aufgesetzt und Sand eingestampft. Ist das Modell *M* beispielsweise eine Kugel, so wird dasselbe in den mit Kohlenpulver bestaubten Sand bis zur Mittelebene eingedrückt, hierauf der Sand mittelst einer geradkantigen Schiene so abgestrichen, dass seine Begrenzung mit den oberen Rahmenkanten zusammenfällt oder eine Ebene bildet und diese wird mit „Poliereisen" (s. S. 282) geglättet.

Das Ganze wird nun neuerlich mit Kohlenpulver eingestaubt, hierauf ein zweiter Kasten *o* aufgesetzt, welcher zu dem ersten passt und mit demselben durch das sogenannte Schloss verbunden ist. In den Kasten *o* wird nun gleichfalls Sand eingestampft, die Oberfläche des Sandes abgestrichen, der Einguss *e* mittelst einfacher Werkzeuge entweder aus dem Sande ausgeschnitten oder

durch vorheriges Aufsetzen eines konischen Hilfsstückes auf das Modell schon beim Einstampfen mitgebildet.

Hebt man den Kasten *o* nun ab, was infolge des Einstaubens mit Kohlenpulver ohne Mitreissen von Sand aus dem Unterkasten möglich ist, so kann man zum Modell gelangen und dasselbe ausheben, was durch vorhergehendes leichtes Klopfen am Modell erleichtert wird. Wird hierauf Kasten *o* wieder auf *u* gesetzt, so ist die Form zum Gusse bereit.

In ganz ähnlicher Weise können alle Rotationskörper geformt werden. — Prismatische und konische Modelle können stehend, letztere mit der Spitze nach abwärts ganz im Unterkasten eingeformt werden und wird der Oberkasten dann nur als Deckkasten und zur Anbringung der Eingüsse und Luftabzüge dienen.

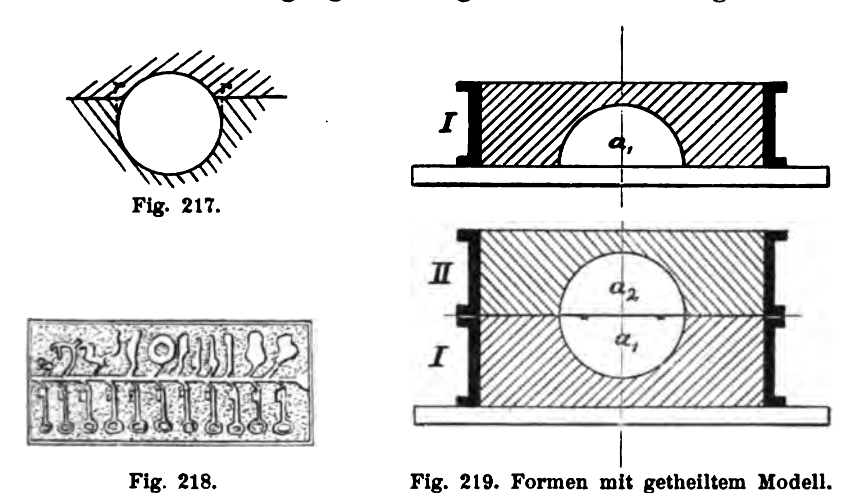


Fig. 217.

Fig. 218.

Fig. 219. Formen mit getheiltem Modell.

Bei dem früher besprochenen Einformen der Vollkugel muss genau bis zum Mittelschnitt eingeformt werden, denn sonst wird beim Ausziehen des Modelles aus dem Sande ein Theil desselben bei *r* abgerissen, wie dies Fig. 217 leicht erkennen lässt.

Hat man viele kleine Gegenstände (Fig. 218) zu formen, so empfiehlt sich die Herstellung einer Modellplatte dann, wenn eine grössere Zahl gleicher Formen herzustellen ist; denn das Einformen solch kleiner Modelle nach dem oben bei der Vollkugel besprochenen Vorgange ist zeitraubend. (S. unten bei Formmaschine.)

Eine wesentliche Erleichterung beim Formen kann durch getheilte Modelle erreicht werden. Als einfachstes Beispiel sei abermals das Einformen einer Vollkugel beschrieben. Man legt die Modellhälfte a_1 auf das Formbrett, setzt den Kasten *I* auf, staubt mit

Kohlenpulver ein, und füllt und stampft Sand nach und streift ab. Man legt hierauf ein zweites Formbrett auf, fasst die beiden Formbretter sammt dem Kasten, wendet um, hebt das Formbrett ab, setzt die zweite Modellhälfte a_2 auf, staubt neuerlich ein, setzt den zweiten Kasten *II* auf, stampft Sand ein und gleicht denselben schliesslich ab. (Fig. 219.)

Damit die beiden Modellhälften genau aufeinander passen, sind entsprechend Löcher und Passstifte (Schloss) an denselben angebracht. Nach Bildung des Eingussloches wird der zweite Kasten abgehoben, die Modellhälften werden aus der Form entfernt und es erfolgt schliesslich die neuerliche Zusammenstellung der Formkasten.

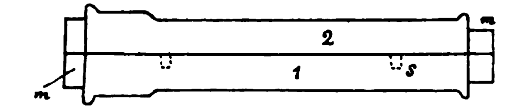


Fig. 220. Getheiltes Modell mit Schloss *s* und Kernmarken *m*.

Das Ausziehen der Modellhälften ohne Beschädigung der Form ist durch die Theilung des Modelles nach dem Mittelschnitte wesentlich erleichtert, weil hier die Begrenzungsfläche des Sandes mit der Mittelebene des Modelles zusammenfallen muss. (Fig. 219).

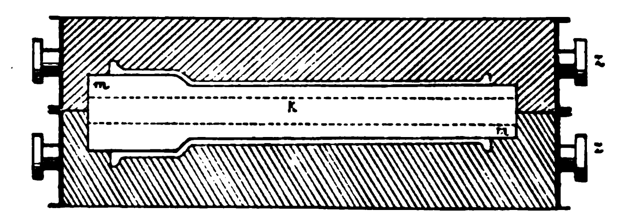


Fig. 221. Form für den Guss eines Rohres. *k* Kern, *m* Kernlager (Kernmarken), *z* Zapfen am Kasten zum Heben mittelst der Krahnketten.

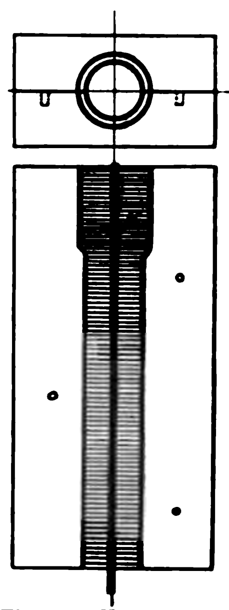
Soll das herzustellende Gussstück nicht massiv, sondern hohl sein, so ist es nöthig, in die Form einen Kern einzusetzen, welcher je nach der Grösse aus Sand oder Masse oder aus Lehm gebildet wird. Als einfaches Beispiel sei das Einformen eines Rohres von etwa $^1/_2$ *m* Länge besprochen. Man benützt vortheilhaft ein getheiltes Modell. (Fig. 220.)

Jene Hälfte des Modelles mit den Vertiefungen bei *s* wird auf das Formbrett gelegt, mit Kohlenpulver eingestaubt, der Formkasten daraufgestürzt, Sand aufgestampft, sodann wendet man den Formkasten sammt dem Modell um, glättet die Oberfläche der Form mittelst des Poliereisens, legt die zweite Hälfte des Modelles auf die erste, bestäubt sie, setzt die zweite Form-

kastenhälfte auf und stampft wie früher den Formkasten auf. Die Canäle zum Eingiessen des Eisens, sowie die nöthigen Steigtrichter (Luftabzüge) werden im Sande ausgespart. (Fig. 221.)

Nun schreitet man zum Abheben des Oberkastens vom unteren, wendet ihn um, befeuchtet den Sand längs der Kanten des Modelles, klopft und zieht dasselbe aus dem Formmaterial. Die schadhaften Stellen der Form, welche bei noch so vorsichtigem Herausziehen des Modelles entstehen, werden mit Hilfe von Formerwerkzeugen repariert und die Form mit Graphit bestäubt. Ganz dasselbe Verfahren wiederholt sich bei der unteren Formkastenhälfte. Beide zusammen geben den Mantel der Form.

Je nach dem lichten Durchmesser und der Länge des Rohres werden Sand oder Lehmkerne in Anwendung gebracht. Erstere werden in sogenannten Kernbüchsen oder Kernkasten hergestellt. Der Kernkasten (Fig. 222) ist zweitheilig und lässt sich der Kern leicht aus demselben nehmen. Bei der beispielsweise gewählten Rohrlänge von 0·5 *m* würde der aus blossem Sande durch Einstampfen in dem Kernkasten gebildete Kern zu wenig Festigkeit besitzen, selbst dann, wenn man denselben aus Masse herstellte und scharf getrocknet anwendete. Man verstärkt daher den Kern durch ein centrisch in den Kernkasten eingesetztes Kerneisen, welches ein ganz roh gegossenes, im Querschnitte ziemlich ungleiches, stangenartiges Stück Gusseisen sein kann. Der Kernkasten hat grössere Länge als die Höhlung in dem zu giessenden Rohre (die Rohrlänge), die Länge des Kernkastens und daher des Kernes ist gleich der Länge des Modelles, zu welchem zwei Ansätze, die sogenannten Kernmarken *mm* (Fig. 220) gehören. Durch diese Kernmarken werden in der Form cylindrische Vertiefungen gebildet, welche als Auflager für den Kern dienen, zwischen diesen Lagern liegt bei fertig gestellter Form der Kern in dieser frei.


Fig. 222. Kernkasten.

Bei grösserer Länge des Kernes kann leicht ein Durchbiegen desselben eintreten, in welchem Falle das Rohr in der Mitte ungleiche Wandstärke erhielte, wie Fig. 223 andeutet. Um dies zu vermeiden, kann man den Kern in der Mitte durch Untersätze (Kernstützen) stützen, welche durch Fig. 224 dargestellt sind.

Grosse Kerne werden meist aus Lehm gebildet. Ueber ein mit Löchern zum Luftabzuge aus dem Kerne versehenes Gasrohr werden zunächst Strohseile dicht gewickelt, so dass eine luftdurchlässige Schicht entsteht, hierauf trägt man Lehm mit Sandzusatz (ein Theil Thon, zwei Theile Sand) in dicker Schicht auf. Die äusserste Schicht ist aus Lehm mit etwa nur $^1/_3$ Sand gebildet. Damit man den Kern leicht in correct cylindrischer Form herstellt, ist die Kernspindel in Lager gelegt und kann mittelst einer aufgesteckten Kurbel gedreht werden. Ein Streichbrett — Schablone — dessen Kante mit Bandeisen beschlagen ist, wird in entsprechender Lage und dem Kernradius entsprechendem Abstande angewendet. Bei der Drehung des Kernes streift es den zu viel aufgetragenen Lehm ab. (Fig. 225.)

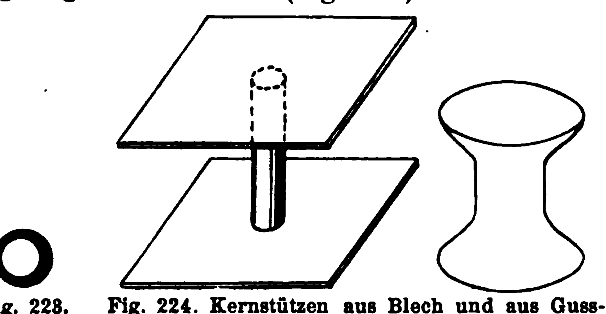


Fig. 223. Fig. 224. Kernstützen aus Blech und aus Gusseisen.

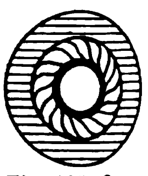


Fig. 225. Querschnitt eines Lehmkernes.

Die Kerne werden mit Graphitschwärze überstrichen und in der Trockenkammer scharf getrocknet; hierdurch entstandene Sprünge ausgebessert und sodann neuerlich getrocknet.

In vielen Fällen verlangt man stehenden Rohrguss, weil hierdurch, insbesondere bei Muffenröhren, die Muffe, welche nach unten gelegt wird, sehr dicht ausfällt. Der Kern wird hier über einem grossen Kernrohre gebildet, so dass die Lehm-Sand-Schicht keiner bedeutenden Dicke bedarf. Fig. 226 stellt einen Verticalschnitt durch eine Rohrform dar, wie sie bei der Massenerzeugung von Wasserleitungsröhren angewendet wird.

Schon die gewöhnlichen hölzernen Modelle werden lackiert benützt; einerseits der glatteren Oberfläche wegen, insbesondere aber deshalb, damit die Feuchtigkeit des Sandes kein Quellen und Werfen des Modelles bewirken kann. Bei Massenproduction wendet man Modelle aus Messing oder Eisen an, der grösseren Haltbarkeit wegen; so z. B. beim Topfgusse. Die Art des Einformens kann aus den Darstellungen der Fig. 227 entnommen werden.

Damit der Kern sicherer am Kasten hängt, erhält letzterer eine Querrippe und werden S-förmige Drähte, welche tief in den Kern reichen, auf der Querrippe eingehakt. Viele Töpfe sind mit Henkeln versehen, welche dem Formen nach obiger Darstellung Schwierigkeit bereiten würden. Man hilft hier dadurch, dass man am Modell die Henkel derart anbringt, dass man sie nach dem Einstampfen des Sandes und Abheben des Oberkastens nach einwärts aus dem Modelle ziehen kann, wie dies Fig. 228 zeigt. Ist

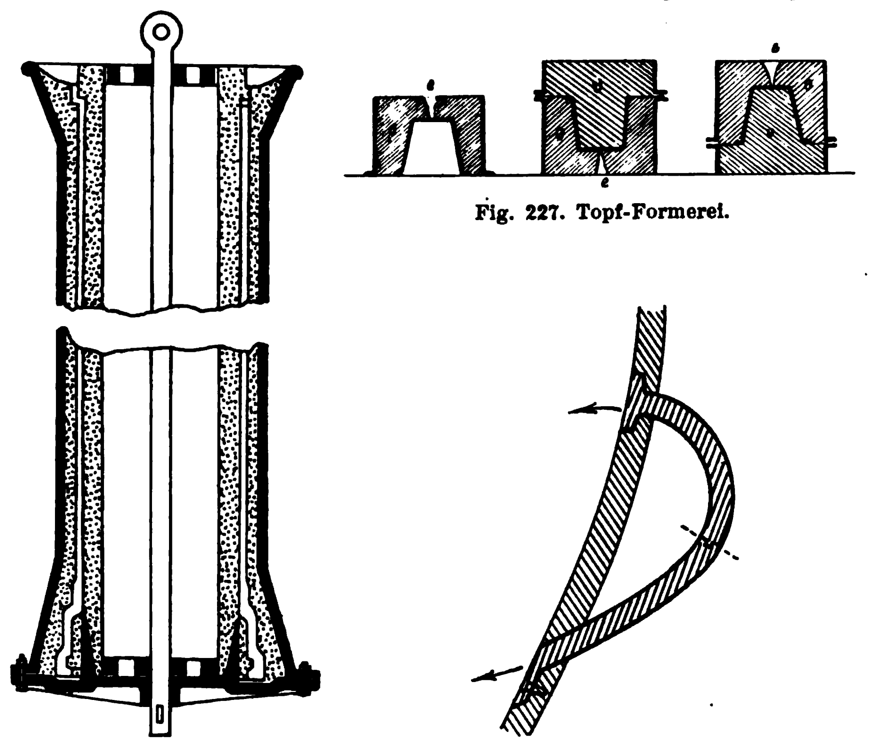


Fig. 227. Topf-Formerei.

Fig. 226. Stehende Rohrform.

Fig. 228.

dies geschehen, so lässt sich das Modell ohne Schwierigkeit aus der Form heben.

Um einen Dampfcylinder mit angegossenen Pratzen, welche zur Befestigung des Cylinders an der Fundamentplatte dienen, in einem zweitheiligen Formkasten formen zu können, werden sogenannte falsche Theile oder Keilstücke in Anwendung gebracht. Fig. 229 zeigt den Querschnitt der Form und Fig. 230 im Grundriss die Hälfte des Modelles in dem unteren Formkasten eingestampft. Nachdem bei *c* der Sand entsprechend der Form der Pratzen herausgehoben, die seitlichen Wandungen des stehen gebliebenen

Sandes geglättet und bestäubt sind, setzt man ein schon vorher abgegossenes Kerneisen in den so entstandenen freien Raum und stampft dieses bis zum Mittelschnitt des Modelles mit fettem Sand ein, setzt die weitere Hälfte des Modelles auf die bereits eingeformte, stampft den Oberkasten ein, hebt diesen vom Unterkasten

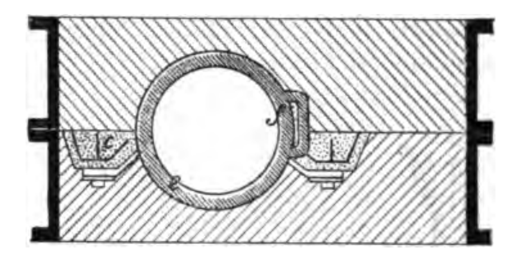


Fig. 229. Form für einen Dampfcylinder (Verticalschnitt).

ab, und zieht die Hälfte des Modelles aus dem Formkasten. Das gleiche Verfahren wiederholt sich beim Untertheil, nur dass in diesem Falle die Pratzen *g*, *h*, *k*, *l*, Fig. 230, erst vom Modell los-

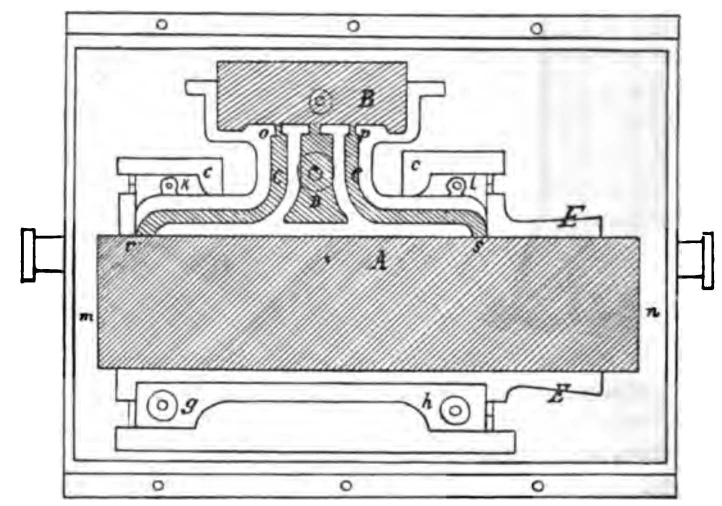


Fig. 230. Grundriss des unteren Formkastens mit eingelegten Kernen.

geschraubt werden müssen, um die falschen Theile sammt den Kerneisen abheben zu können. Schliesslich zieht man die freigewordenen Pratzen-Modelle aus der Form, repariert diese so wie die falschen Theile, überstreicht sie mit Graphitschwärze und trocknet die Form in der Kammer gut durch. Die weiter in die Form einzulegenden Kerne *B*, *C*, *D* werden in Kernbüchsen hergestellt, der

cylindrische Kern A wird nach Art grosser cylindrischer Lehmkerne angefertigt.

Der Lehm für die Canal-Kerne muss besonders gut durchgearbeitet und porös sein (mit Vortheil mengt man den dritten Theil Pferde- oder Kuhmist zu), damit die sich während des Gusses bildenden Gase durch die sorgfältig im Kern ausgesparten Abzugscanäle leichten Abgang finden. Ist die sorgfältige Herstellung dieser Sandkerne ausser acht gelassen, so wird es vorkommen, dass die Gase, welche dann nicht regelrecht entweichen können, sich durch das noch in der Form flüssige Eisen Bahn brechen und das Gussstück sich bei der weiteren Bearbeitung in seinen Wandungen blasig zeigt. Zur Versteifung der Sandkerne selbst legt man je nach der Stärke des Kernes in die entsprechende Kernbüchse vorerst etwas Lehm und drückt in diesen ein der Form des Kernes ähnliches Drahtgitter ein, so dass, nachdem der Lehm bis auf die verlangte Stärke des Kernes aufgetragen wurde, dieses das Gerippe des Dampfcanal-Kernes bildet.

Die Abzugscanäle der Gase aus den Kernen werden am sichersten durch eingelegte Wachsdrähte ausgespart, welche beim Trocknen des Kernes ausfliessen. Der zurückbleibende Draht (Docht) kann dann leicht herausgezogen werden.

Das Einlegen der Kerne bei gut getrockneter Form des Cylinders beginnt mit dem Hauptkern A, hierauf legt man den Kern B, welcher nach Abguss des Stückes den inneren Raum des Schieberkastens bildet, ein und reiht an ihn und den Kern A die beiden Sandkerne C, C. Diese werden zu ihrer Befestigung einerseits in den Kern B in ausgesparten Marken eingelegt, andererseits stumpf an den Kern A angeschoben und mittelst eingesteckter Kernnadeln (Stipper) an ihm festgehalten. Schliesslich wird der Kern D des zu bildenden Dampfausströmungscanales eingelegt und ebenfalls durch Marken und Stipper in der Form fixiert. Bei der Versteifung der Kerne untereinander wird man nur an jenen Stellen Kernnadeln (Stipper) in Anwendung bringen, deren Flächen durch Ausbohren oder Behobeln einer Appretur nicht unterliegen, weil die Kernnadeln rasch kühlend auf das Eisen wirken und hierdurch harte Gussstellen entstehen, welche die Werkzeuge stumpf machen. Sind die Kerne, wie erwähnt, eingelegt, der Staub, der sich während des Einsetzens in den Formvertiefungen abgesetzt hat, sorgfältig ausgeblasen, dann setzt man den Obertheil des Kastens auf den Unterkasten, schraubt die beiden Theile zusammen, und stellt sie dann mit dem Aufguss E (verlorenen Kopf) nach oben in der Dammgrube auf. Nachdem der Kasten sorgfältig in

der Grube mit Sand eingedämmt wurde und die Gase ihren Abzug aus der Form durch Canäle um den Formkasten erhalten haben, kann zum Gusse des Stückes geschritten werden. Rasches Abgiessen bei sonst sorgfältig hergestellter Form, sowie ein reines nicht zu sehr überhitztes Eisen wird einen dichten, porenfreien, gut bearbeitbaren Dampfcylinder liefern.*)

Bei complicierteren Gussstücken ist man nicht selten gezwungen, sowohl mehrtheilige Modelle als auch mehrere Formkasten anzuwenden. Die beistehende Fig. 231 zeigt dies schematisch und Fig. 232 an einem Wandbohrmaschinenständer, bei welchem überdies noch mehrere falsche Theile (Keilstücke) z. B. bei *f,f* erforderlich sind, da trotz des dreitheiligen Modelles ohne dieselben das Ausheben der Modelltheile nicht anginge.

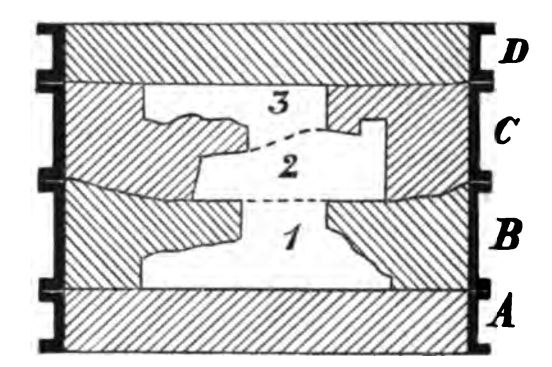


Fig. 231. Schematische Darstellung des Einformens eines dreitheiligen Modelles in vier Formkasten.

Bei Fig. 231 ist die Gestaltung der Modelltheile 1, 2 und 3 so zu denken, dass ein Ausziehen des Modelles senkrecht zur Bildebene ausgeschlossen ist, denn wäre dies möglich, so würde das Modell in jener Stellung einzuformen sein, welche die Anwendung nur zweier Formkasten ermöglicht. Aus der in beiden Figuren angewendeten Numerierung ist die Reihenfolge des Einformens ersichtlich. Der Kasten *4* (Fig. 232) dient als Boden oder je nach der Lage der Form beim Gusse auch als Seitenwand oder Decke.

---

*) Nach Gussmeister Bellani, aus Karmarsch-Heeren's techn. Wörterbuche, 3. Bd., S. 127. — Es werden auch Dampfcylinder gegossen, bei welchen der eine Cylinderdeckel mit dem Mantel zugleich aus einem Stücke hergestellt wird. In diesem Falle muss aber die centrische Oeffnung des Deckels genügenden Durchmesser für die bei dem späteren Ausbohren nothwendige Einlage der Bohrwelle besitzen.

Fig. 233 soll andeuten, dass eine Schnur- oder Kettenrolle mit einem als „falscher Theil" wirkenden Massering (3) geformt werden kann.

Im Maschinenbau kommen sowohl **Rippenständer** als **Hohlständer** zur Anwendung. Erstere sind leichter zu construieren, zu modellieren und zu formen, letztere sind widerstandsfähiger gegen

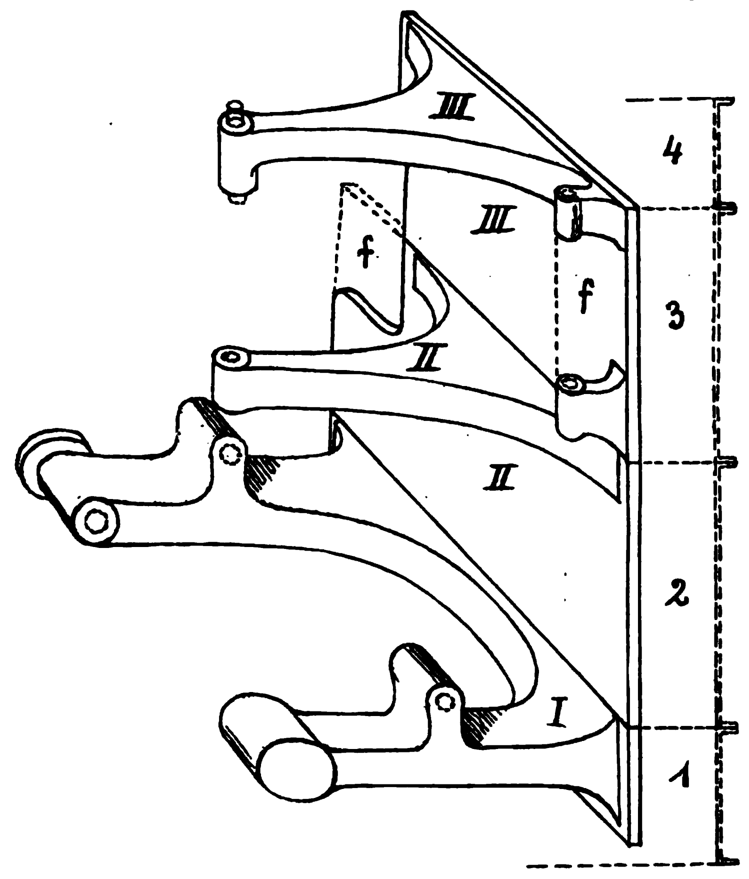


Fig. 232. Dreitheiliges Modell; *f* falsche Theile.

Vibrationen, daher vorzuziehen. Bei den Werkzeugmaschinen alter Bauart trifft man ausschliesslich Rippenständer, bei den neueren Ausführungsformen sehr häufig Hohlständer. Als lehrreiches Beispiel ist in den Fig. 234 und 235*a* nach **Tille's** Unterrichtsmodellen das Giessereimodell für den Rippenständer und den Hohlständer einer Kreisschere dargestellt. Bei dem Hohlgusse liegt in der Mittelebene des Ständers Material fast nur zur Verbindung der Wände. Das Hauptmaterial ist in die Seitenwände gelegt.

Der Ständer erscheint hierdurch dem Auge wohl viel plumper, aber, wenn man auch trachten soll und kann durch Vermeidung grosser, unschön geformter Flächen, beziehungsweise durch entsprechende Formgebung derselben, die Maschine gefällig zu gestalten, als Hauptsache muss doch betrachtet werden, dass der Ständer

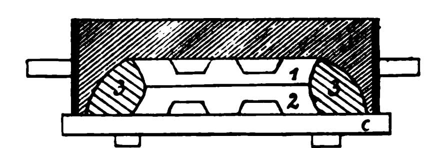


Fig. 233. Einformen einer Kettenrolle. *1*, *2* Modell, *3* falscher Theil.

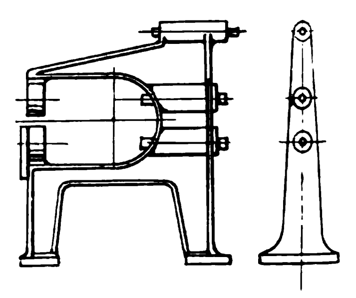


Fig. 234. Modell eines Rippenständers.

als starres Stück functioniert und die Eignung hat, die Vibrationen, welche von dem inconstanten Widerstand am Werkzeug herrühren, aufzunehmen und verschwinden zu machen. Richtige Massenanordnung und ausreichendes Gewicht sind dazu nöthig; an Gusseisen mehr zu sparen, als hiermit verträglich, ist verfehlt. Uebrigens lassen sich Hohlständer von gleichem Gewichte wie Rippenständer giessen.

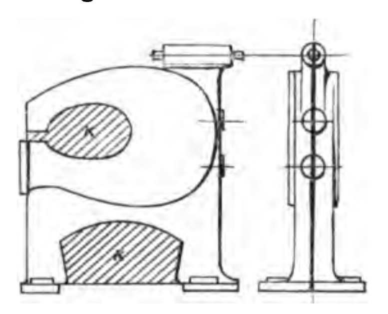


Fig. 235 *a*. Modell eines Hohlständers. *k* Kernmarken.

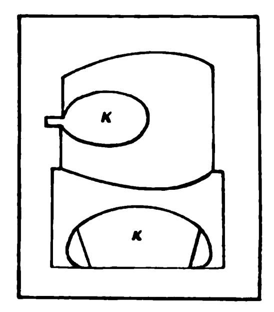


Fig. 235 *b*. Kernkasten mit Kern zum Hohlständer.

Zur Herstellung des Hohlständers ist ein entsprechender Kern erforderlich, für welchen, je nach der Ständer-Form und je nachdem nur ein oder mehrere Stücke zu giessen sind, entweder ein Kernkasten (Fig. 235 *b*) benützt oder der Kern aus Lehm modelliert wird. In beiden Fällen ist für entsprechende Versteifung des Kernes mit Kerneisen und für Luftabzug aus dem Kerne zu sorgen, desgleichen natürlich der Kern zu trocknen.

Wird ein Kern mit Durchbrechungen hergestellt, so wird das geschmolzene Metall beim Gusse in diese Durchbrechungen einfliessen und so eine metallische Verbindung zwischen den durch den Kern getrennten Wänden herstellen.

Es lassen sich durch Zuhilfenahme complicierter Kerne Gussstücke sehr zusammengesetzter Form herstellen. Als ein Beispiel sei die Darstellung des Henzel'schen Roststabes besprochen,

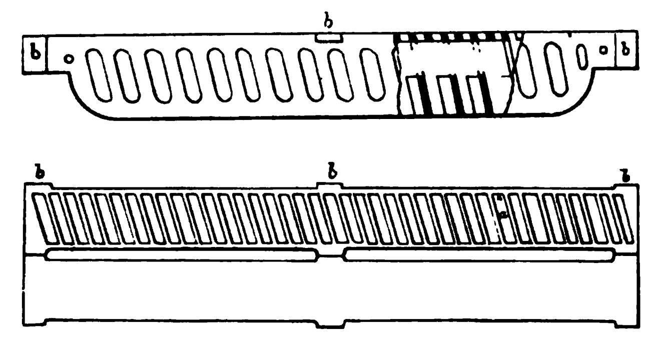


Fig. 236. Henzel's Roststab.

welcher durch Fig. 236 dargestellt ist. Auf dem Henzelrost soll Kohlenklein verbrannt werden können, es dürfen daher die Rostspalten nur sehr schmal sein; um jedoch der Verbrennungsluft den nöthigen Durchgang zu bieten — genügende „freie Rostfläche" zu erlangen — müssen solcher Spalten viele sein.

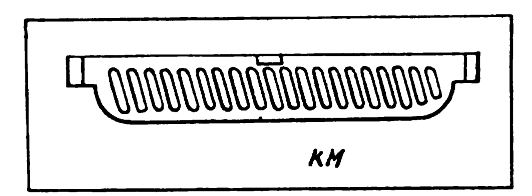


Fig. 237. Modell zu Henzel's Roststäben.

Das Modell zu diesem Roststabe ist durch Fig. 237 in etwas kleinerem Massstabe sammt den als umschriebenes Rechteck erscheinenden Kernmarken *K M* dargestellt. Dieses Modell wird wie gewöhnlich in zwei Formkasten eingeformt und hierauf maschinell durch die Kernformmaschine Henzel's (Fig. 238) ein oftmal durchbrochener Sandkern erzeugt. Auf den Tisch *a b* wird ein rechteckiger Rahmen aufgesetzt, welcher in seinem Innenraume den Abmessungen von *K M* (Fig. 237) entspricht. Durch Bethätigung von Kurbel, Zahnrädern und Zahnstangen hebt man zahlreiche schiefstehende, von einer Hauptplatte getragene Eisenplatten durch Schlitze des

Tisches in den Kernkasten. Es wird nun eingestampft, abgestrichen, die Durchbrechungsplatten werden zurückgezogen, der theilbare Rahmen abgehoben und der Kern in die Form eingelegt. Die

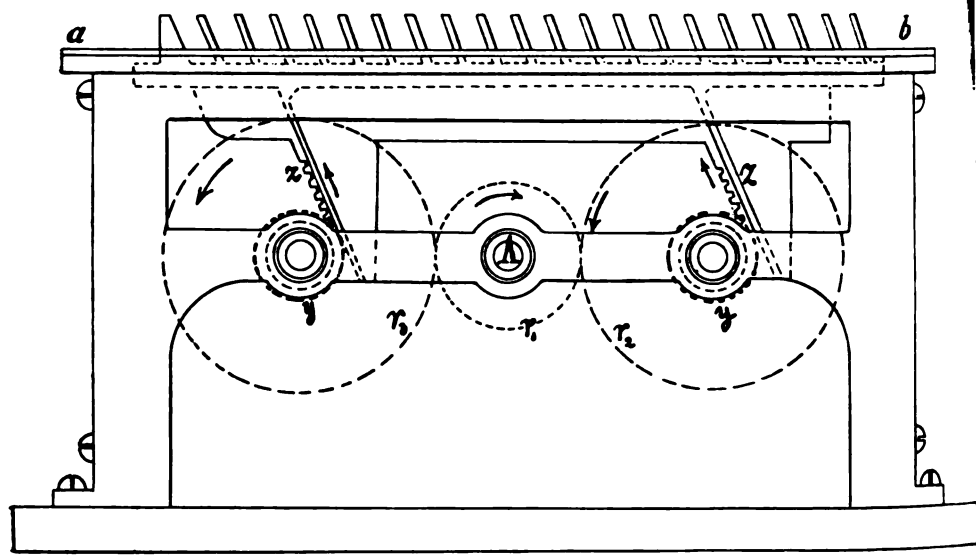


Fig. 238. Kernformmaschine zu Henzel's Roststäben. *A* Kurbelachse, r_1 r_2 r_3 *y y* Zahnräder, *z z* Zahnstangen.

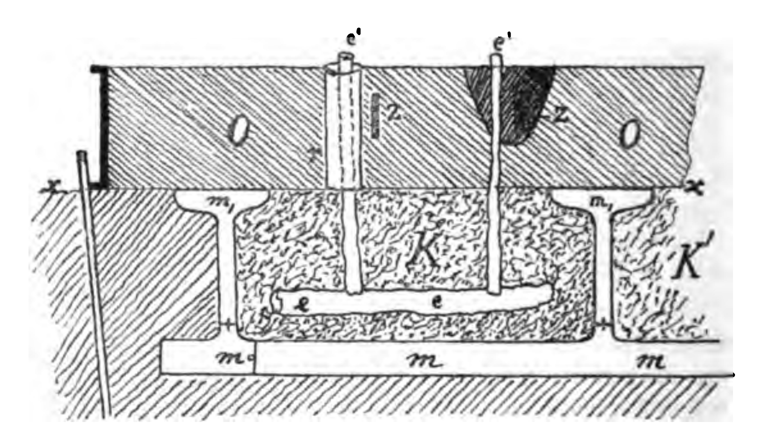


Fig. 239. *m* Modell, *K* Kerne, *e* Kerneisen, *O* Oberkasten, *z* Zwischenwände in *o*.

Durchbrechungen des Kernes bewirken die Verbindungen der beiden Roststabwände. Den ovalen Löchern in diesen Wänden entsprechen Vertiefungen des Modelles.

Zuweilen kann durch entsprechende Anschliessung von Kernen am Oberkasten ohne vieltheiliges Modell die Form für ein compli-

cierteres Gussstück hergestellt werden. Fig. 239 zeigt einen diesbezüglichen Kunstgriff. Mit *m* ist das Modell bezeichnet, welches aus mehreren Abtheilungen besteht, deren Wände T-förmigen Querschnitt besitzen. Man ebnet den Boden des Giessereilocales und stellt das Modell *m*, dessen Wände abhebbar sind, auf, stampft zunächst über dem Kerneisen *e* den Kern *K* (beziehungsweise die Kerne), wobei das Modell den Kernkasten bildet. Nachdem der Kern nach der Ebene *x x* geglättet ist, setzt man den Oberkasten *O* auf. Ueber die Verlängerungen der Kerneisen *e'* werden aus Blech gebogene Röhren *r* gesteckt, deren Zweck lediglich ein provisorischer ist und darin besteht, den Oberkasten, nachdem derselbe mit Sand ausgestampft ist, leicht wieder abheben zu können. Ist das Ausstampfen des Oberkastens erfolgt und derselbe abgehoben

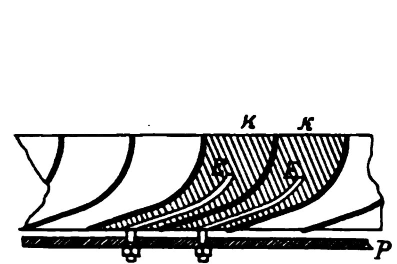




Fig. 240 *a*. *K* Kern, *E* Kerneisen, *P* Grundplatte zur Feststellung der Kerne.



Fig. 240 *b*. Grundriss.

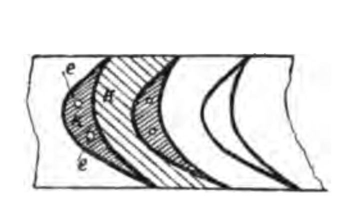


Fig. 241. *K* Hauptkern, *k* Nebenkern, *e* Kerneisen.

worden, so können die Modelltheile m_1 ausgehoben werden. Danach wird der Kasten *O* wieder aufgesetzt, die Blechröhren *r* werden entfernt, der untere Theil des cylindrischen Raumes mit Sand verstampft, oben um Kerneisen *e'* und Zwischenwand *z* des Formkastens eine entsprechende Partie aus dem Sande ausgeschnitten und dieser Raum mit Gusseisen vergossen. Nach dem Erstarren ist der Kern *K* steif mit dem Oberkasten verbunden, und wird der Kasten gehoben, so hebt sich der Kern (beziehungsweise die Kerne) mit. Der untere Theil des Modelles wird zugänglich, dasselbe wird entfernt, der Oberkasten sammt den Kernen aufgesetzt und die Form ist zum Gusse bereit. (Nach Gussmeister Uxa.)

Damit der Oberkasten stets in genau richtiger Lage zum unteren Theile der Form aufgesetzt wird, sind Führungseisen, gewöhnlich drei, angewendet. Dass Einguss und Steigtrichter vorhanden sein müssen, ist nach früher selbstverständlich.

Die Anwendung von Kernen für den Guss von Turbinen dürfte aus den vorstehenden Figuren 240 *a* und *b* ohne weitere Erklärung verständlich sein. Genau ausgeführte, innen lackierte Kernkasten ermöglichen die leichte Herstellung der Kerne.

Bei Turbinen mit Hohlschaufeln (Fig. 241) müssen zweierlei Kerne zur Anwendung kommen, die einen für die Turbinenzellen, die anderen für die Höhlung der Schaufeln. Letztere werden radial von aussen gegen einwärts eingeschoben und hierauf erst der umschliessende Kranz, als besonderes Stück der Form, aufgesetzt.

Für den Guss einer hohlen, mit Zähnen allseits besetzten Walze wendet man statt vieler Formkasten und vieltheiligen Modelles eine aus ringförmigen Stücken zusammengesetzte Form an. Diese Einzelstücke stellt man durch Einstampfen eines Kastens — ähnlich den Kernkasten — her, er muss so hergestellt sein, wie es der Lage und Form einer rund herum laufenden Zahnreihe der zu giessenden Stachelwalze entspricht.

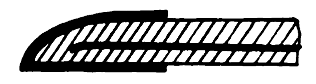


Fig. 242.

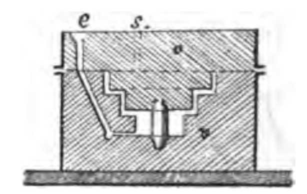


Fig. 243.

Durch Fig. 242 ist die Anwendung eines freitragenden Kernes angedeutet. Der Umfang dieser Figur entspricht dem anzuwendenden Modelle. Durch dasselbe wird ein langes Kernlager gebildet, in welches der mit Kerneisen versteifte Kern eingelegt werden kann. Fig 243 zeigt den Verticalschnitt durch die Form einer Stufenscheibe. *e* ist der Einguss, *s* ein Luftabzug, *o* und *u* die beiden Formkasten.

Ein weiterer Formerkunstgriff wird bei Winkelzahnrädern benützt. Man macht zunächst das Modell zweitheilig (Mittelschnitt) und formt in einem Formkasten ein, welcher genau die Höhe des Modelles besitzt, daher später als Boden und Decke noch zwei Formkasten erforderlich macht.

Hat man das Modell eingeformt, wobei um die Winkelzähne herum besonders feiner Formsand sehr kräftig angeworfen und angestampft wird, so schraubt man auf den Formkasten ein Blech von solcher innerer Verzahnung, dass dieselbe genau in die Zähne des Modelles einpasst. Dieses Blech (Schablone) dient als Führung

beim Ausziehen der einen Modellhälfte. Nach Umwendung des Kastens verfährt man auf der zweiten Seite mit der zweiten Modellhälfte genau ebenso. Endlich setzt man die drei Kasten zur Form zusammen.

Beim Guss sehr feiner, vielfach durchbrochener Stücke genügt der gewöhnliche Einguss nicht, sondern man muss von demselben entweder strahlenförmig zahlreiche Zweigröhren zur Form treten lassen, oder man muss die Form mit einen ringförmigen kräftigen Gusscanal umschliessen, von welchem aus zahlreiche Zweigröhren nach einwärts mit der Form in Verbindung treten. Hierdurch vermag man die feinsten netzartig gebildeten Stücke zu erzeugen.

Bezüglich der Formkasten oder Flaschen sei noch hervorgehoben, dass grössere Formkasten zahlreicher, etwa bis zur halben Höhe des Kastens reichender Längs- und Quer-Zwischenwände bedürfen, damit der Sand in den Formkasten genügend festhält, haftet. Zu dem gleichen Zwecke verwendet man auch häufig S-förmige Drähte, welche man oben an den Wänden des Kastens anhakt, im übrigen in den Sand einstampft. Die erste Anschaffung wesentlich vertheuernd, jedoch für den Betrieb vortheilhaft ist der Gebrauch zerlegbarer Formkasten. Bei diesen kann der speciell erforderliche Kasten aus vorhandenen Theilstücken zusammengeschraubt werden. (Eingeführt durch Gussmeister Uxa.)

Für den Guss vieler gleicher Stücke wendet man mit grossem Vortheile Formmaschinen an.

Die Mehrzahl der in Anwendung stehenden Formmaschinen besorgt eigentlich nur das ruhige, sichere Ausziehen des Modelles aus der Form auf maschinellem Wege, das Einstampfen des Sandes bleibt hierbei Handarbeit. Das sichere, ohne Verletzung der Form erfolgende Ausziehen des Modelles ist ein ganz wesentlicher Gewinn.

Bei Zahnrädern mit vielen Zähnen gelingt das Ausziehen des Modelles selten ohne Mitreissen von Sandpartien der Zahnlücken, und die vom Former mittelst der Formspateln durchzuführende Ausbesserung ist nicht nur sehr zeitraubend, sondern auch meist unvollkommen.

Wendet man aber eine maschinelle Vorrichtung an, so kann dieselbe in einem mechanisch, z. B. durch eine Schraube bewegbaren Modell bestehen; es können die Zähne dieses Modelles, welches glatt nachgearbeiteter Rothguss ist, durch genau angepasste Ausschnitte einer fixen wagrechten Platte gehen. Denkt man sich auf diese Platte den Formkasten aufgesetzt, daran befestigt

und das Modell so hoch gehoben, dass seine unteren Zahnflanken im Niveau der Platte liegen, so kann Sand eingestampft werden und nach hergestellter Form das Modell durch die Bewegungsschraube nach unten gezogen werden, wobei der Sand, insbesondere jener zwischen den Zähnen des Modelles, seine Stützung an der fixen Platte findet. Dadurch bleibt die Form vollkommen scharf.

Durch welches mechanische Mittel — Schraube, Zahnstange und Trieb, Hebel etc. — das Modell bewegt wird, ist nebensächlich, wenn die Bewegung nur genau parallel erfolgt, was durch genaue Führungen erzielt wird.

Fig. 244 deutet die wesentlichsten Theile der Formmaschine von Woolnough-Dehne an. Bei derselben ist die Modellplatte sowohl vertical beweglich, als um Zapfen drehbar. Die Modellplatte trägt

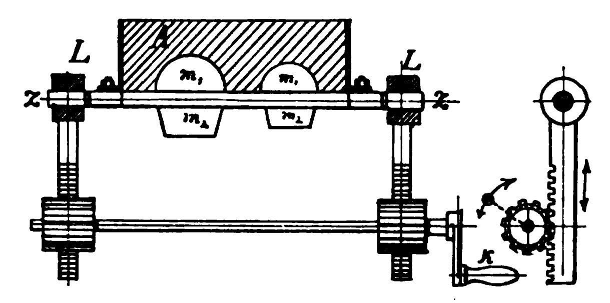


Fig. 244. Skizze des Bewegungsmechanismus der Formmaschine von Woolnough-Dehne. Das Gestelle und der Tisch sind weggelassen.

beiderseits die Modellhälften und der Vorgang beim Formen ist kurz folgender:

Modellplatte niedergelassen zum Sitz, erster Formkasten aufgesetzt, eingestampft, Modellplatte sammt Formkasten gehoben, um 180° gedreht, niedergelassen, bis der Formkasten auf dem Tische aufsitzt, Verbindung des Formkastens mit der Modellplatte gelöst, Modellplatte langsam gehoben und hierdurch die Modelle aus der Form gehoben, Formkasten zur Seite geschoben.

Senken der Modellplatte zum Sitz, befestigen des zweiten Formkastens an der jetzt oben befindlichen zweiten Seite der Modellplatte, einstampfen u. s. w. wie oben. Hierdurch ist der zweite Formkasten fertiggestellt, und beide Flaschen zusammengesetzt bilden die Gussform.

Die theueren Formkasten, deren man ohne Benützung eines Kunstgriffes so viele brauchen würde, als man Abgüsse machen

will, und die Schwierigkeit der Herstellung der Modellplatten haben die Einführung der Formmaschinen lange beschränkt.

Man braucht für wiederholtes Abformen derselben Modellplatte dann nur zwei Formkasten, wenn man mit Blindrahmen arbeitet; es sind dies rohgegossene Rahmen (Fig. 245), welche in die Formkasten eingeschoben und darin festgeklemmt werden. Der Formereivorgang ist bei Anwendung der Blindrahmen derselbe, wie vorstehend beschrieben; nachdem aber beide Formkasten mit der in dem Blindrahmen gebildeten Form an jene Stelle gesetzt sind, wo der Guss erfolgen soll, lüftet man die Blindrahmen und hebt die Formkasten oder Flaschen ab. Um dies leichter thun zu können, werden dieselben häufig zweitheilig gemacht.

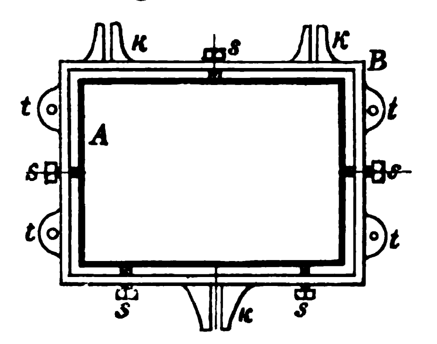


Fig. 245. *A* Blindrahmen, *B* Formkasten, *K* Ansätze zur Befestigung des Kastens an der Modellplatte, *t* Schloss, *s* Klemmschrauben für *A*.

Zur leichteren Herstellung der Modellplatten bedient man sich auch eines schönen Kunstgriffes. Man formt in zwei Formkasten, welche genügend gross gewählt und ein exactes Schloss mit genügend langen Führungszapfen besitzen müssen, die Modelle wie gewöhnlich ein. Nach dem Ausheben der Modelle legt man auf den unteren Formkasten aus Masse gebildete prismatische Leisten, deren Höhe gleich ist der Dicke der zu bildenden Modellplatte, setzt den Oberkasten auf und giesst. Man erhält so die Platte sammt den Modellen als ein Gussstück, welches natürlich noch der nöthigen Appretur unterzogen werden muss.

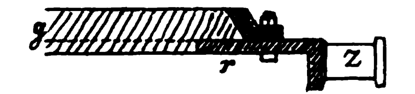


Fig. 246. *g* Gypsplatte, *r* Rahmen, *z* Zapfen.

Für geringere Erzeugungsmengen kann man auch Modellplatten aus Gyps, nachträglich mit Stearin eingelassen, herstellen. Mag die Modellplatte aus Metall oder Gyps gegossen sein, sie wird in den Rahmen der Formmaschine eingespannt, welcher die Drehzapfen besitzt. (Fig. 246.)

Soll die Formmaschine auch das Eindrücken des Sandes maschinell besorgen, so geschieht dies durch Anwendung eines Aufsatzkastens, dessen Höhe so bemessen ist, dass der durch den Presskolben aus demselben in den Formkasten, bei lockerer Füllung beider, gedrückte Sand eben hinreicht, die erforderliche Dichte

zu bewirken. Bei Modellen geringer Höhe hat dies keine Schwierigkeit, bei höheren Modellen hingegen würde der Sand zu ungleich gepresst, und ist es in diesem Falle erforderlich, den Presskolben den Modellen annähernd anzupassen (vgl. Fig. 247 und 248).

Eine für Massenproduction, namentlich von Stücken geringer Höhenausdehnung vorzügliche Formmaschine ist jene von Frederic George Leeder, welche von der Maschinenfabrik S. Oppenheim in Hainholz vor Hannover in verschiedenen Grössen gebaut wird. Diese Maschine arbeitet mit hydraulischem Drucke und Gewichtsaccumulatoren. Man soll durch zwei Hilfsarbeiter in 10 Arbeitsstunden mittelst der kleinsten Ausführung dieser Maschine 110

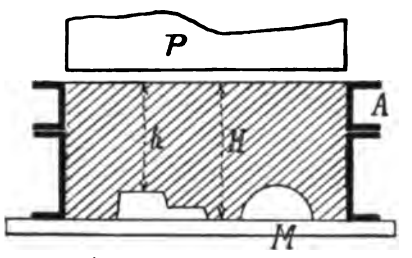


Fig. 247. *A* Aufsatzkasten, *P* Pressstempel.

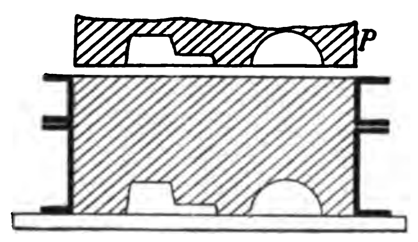


Fig. 248.

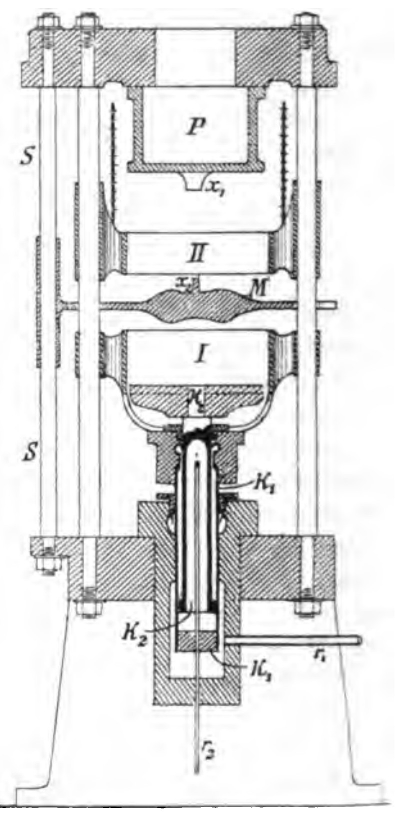


Fig. 249. Leeder's Formmaschine.

fertige Formen herstellen können. In Fig. 249 bedeuten I und II die beiden Formkasten, von welchen der obere durch Ketten getragen und ausbalanciert ist.

M ist die um die Säule *s* drehbare Modellplatte, K_1 K_2 sind die beiden ineinander geschalteten hydraulischen Kolben, r_1 und r_2 die dem äusseren und inneren hydraulischen Cylinder entsprechenden Druckwasserrohre, *P* der Gegenpresskopf, x_1 und x_2 die Ansätze, durch welche der Einguss geformt wird.

Die Arbeit des Formens ist kurz folgende:

Ist die Modellplatte *M* zur Seite gedreht, so wird der Formkasten I lose mit Sand gefüllt, hierauf *M* eingedreht, II auf *M* niedergelassen und gleichfalls mit Sand gefüllt. Man lässt nun durch r_1 Druckwasser eintreten, K_1 steigt, hebt I, *M* und II und drückt II an den Presskopf *P*, wodurch der Sand im oberen Kasten gepresst wird. Lässt man jetzt Druckwasser durch r_2 unter K_2, so wird der Sand im unteren Kasten gepresst.

Man lässt nun K_1 sinken, macht hierdurch die Modellplatte frei und dreht dieselbe aus, hebt zunächst K_1, bis sich I an II und dessen jetzt eingesetzte Stützen anlegt und drückt die Form (den Sand), welche durch Blindrahmen verstärkt wird, aus den Rahmen I und II aus und überträgt sie an die Gussstelle.*)

Das Formen mit der Schablone statt mit Modell wurde früher nur in der Lehmformerei, namentlich beim Glockengusse, in neuerer Zeit wird es aber auch nicht selten bei der Sandformerei angewendet. Man erspart hierdurch die Kosten für die Herstellung des Modelles, und ist das Formen auch zeitraubender und mühsamer, so ist der ökonomische Gewinn doch ein bedeutender. Zumeist wird die Schablonenformerei zur Herstellung von grossen Rotationskörpern angewendet, wenn nur ein oder wenige Stücke herzustellen sind. Der anzuwendende Lehm soll genügend bildsam und bindend, aber auch nicht zu fett sein; denn gerade durch das richtige Mittel zwischen diesen entgegengesetzten Beschaffenheiten erlangt er einerseits die nöthige Standfestigkeit, andererseits die Eigenschaft, beim Trocknen und Brennen wenig zu schwinden, keine oder nur unbedeutende Risse zu bekommen. Nach Reinigung von Steinen u. dgl. wird er mit Wasser angefeuchtet, mit Flusssand, gehacktem Stroh, Kuhhaaren oder trockenem Pferdemist innig gemengt, und in der Consistenz eines weichen Brotteiges geknetet.

Zu jeder Lehmform müssen drei Haupttheile gebildet werden: der Kern, ein an Gestalt dem Inneren des Gussstückes entsprechender Körper; das Hemd (die Dicke oder Metallstärke), eine den Kern dicht umkleidende Lehmschicht, welche äusserlich nach der verlangten Form des Gussstückes gestaltet ist; endlich der Mantel, eine starke Lehmmasse, mit welcher das Hemd gänzlich umhüllt und in der zugleich das Gussloch nebst den nöthigen Windpfeifen (Luftabzügen) angelegt wird. Den Kern macht man hohl, um Material und Arbeit zu sparen, meist mauert man ihn aus Ziegeln mit Lehmmörtel auf und bekleidet ihn schliesslich zur Be-

*) Ueber Formmaschinen s. Dürre, Handbuch der Eisengiesserei, III. Aufl., S. 299 bis 421.

richtigung und Vollendung seiner Gestalt mit Formlehm; Eisenverstärkungen im Inneren desselben sind oftmals nöthig. Den Mantel pflegt man äusserlich mit eisernen Reifen und Schienen zu armieren. Zu allen drei Bestandtheilen der Form muss der Lehm in Schichten nach und nach aufgetragen und jede Schicht vor dem Auftragen der nächsten an der Luft getrocknet werden; zuletzt wird ein scharfes Trocknen oder vielmehr ein gelindes Brennen vorgenommen, um alle Feuchtigkeit zu entfernen und der Form die gehörige Festigkeit zu geben. Mit der Anfertigung des Kernes wird begonnen. Die Oberfläche desselben bepinselt man dann mit in Wasser verrührter Holzasche oder Graphit, ebenso verfährt man mit dem Hemde, wenn dieses auf dem Kerne vollendet ist. Dadurch wird erreicht, dass die Bestandtheile sich später leicht voneinander lösen lassen. Ist nämlich der Mantel fertig geworden, so hebt man ihn von dem Hemde ab, schneidet und bricht letzteres vollständig vom Kerne los, setzt endlich den Mantel wieder über den Kern, und erhält so den bisher vom Hemde ausgefüllten Raum hohl. Vor dem Gusse muss der Kern äusserlich und der Mantel innerlich mit Graphitwasser angestrichen werden, um das Anhängen von Lehmtheilchen an das eingegossene Metall zu verhindern.

Ist das Gussstück ein Rotationskörper, so wird der Kern und das Hemd durch Abdrehen gebildet, wozu man sich der nach dem geforderten Profil gebildeten Schablonen bedient.

Ein einfaches Beispiel für die Herstellung einer Lehmform, welches sich auf den Guss einer Pfanne bezieht, sei im folgenden gegeben.

Auf einem gusseisernen Ringe *a*, Fig. 250, welcher durch die Füsse *b* getragen ist, wird der Kern aus Ziegel mit Lehmmörtel aufgemauert. Die unteren Ziegelschaaren haben hierbei genügende Stützung, umsomehr als keilförmige Ziegel, oder derart zugehauene verwendet werden. Für die oberen Ziegelschichten wird eine Eisenscheibe mit centrischem Loche eingelegt, welche als Stütze der oberen Lagen dient. Die Stufen des Mauerwerkes werden aussen mit einer dicken Lehmschicht bekleidet, welche mittelst der Schablone *ef* abgedreht wird. Zu diesem Zwecke ist die Schablone *f* mit der Achse *c* bei *e* verbunden und lässt sich mit dieser drehen. Die Lager *d* der Achse *c* sind entsprechend angebracht, das obere meist an einem Arme, welcher sich um ein an der Wand des Locales angebrachtes Scharnier drehen lässt. Will man den Lehm des Kernes in mehreren Schichten auftragen und schichtenweise abgleichen, so verstellt man die Schablone durch Verschieben der Hülse *e*. Ist der Kern gebildet, so wird derselbe durch Kohlenfeuer gut getrocknet,

hierauf ausgebessert, mit Graphitwasser bestrichen und wieder getrocknet. Nun trägt man jene Lehmschicht auf, welche der Metallstärke oder dem Hemde entspricht. Diese Schicht wird durch Anwendung einer zweiten Schablone abgedreht, hierauf getrocknet und gleichfalls mit Graphitwasser angestrichen, oder statt dieses ein Anstrich von fein gesiebter Asche, in Wasser angerührt, verwendet.

Nun beginnt die Herstellung des Mantels.

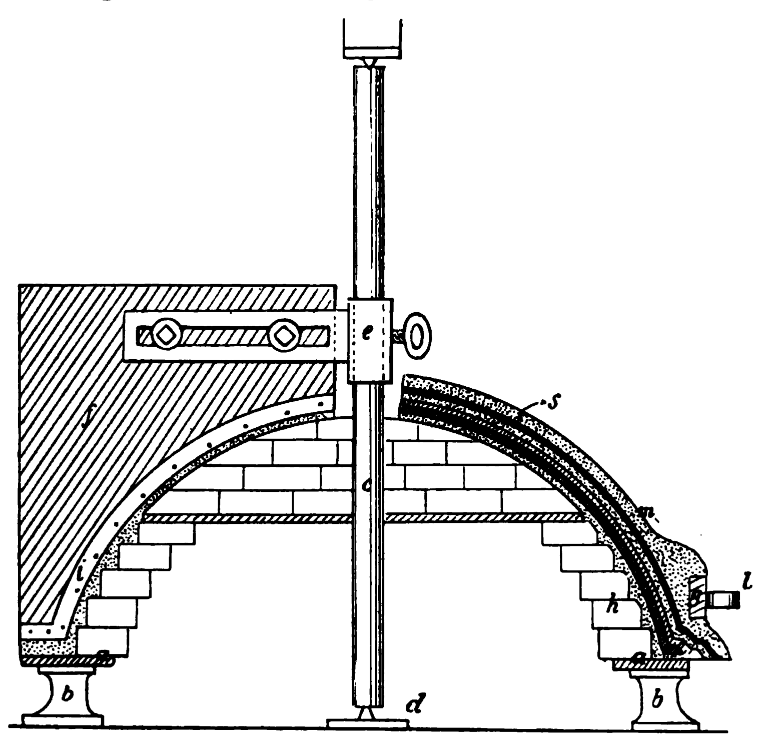


Fig. 250. Formen mit der Schablone.

Ohne weitere Benützung der Schablonen trägt der Former eine 1 bis 2 *cm* starke Schicht Lehm bestmöglichst gleichförmig auf die nach früher hergestellte Eisenstärke oder das Hemd und trocknet sie abermals.

Nach der Form gebogene Schienen *s*, welche mit Ringen zu einem Gerippe vernietet sein können, werden entweder einzeln oder insgesammt mit Lehm auf der der Form zugekehrten Seite $1^1/_2$ *cm* hoch bestrichen und, wenn einzeln, auf eine Entfernung von 10 zu 10 *cm* auf die so weit hergestellte Lehmform gut aufgerieben. Die entstandenen Felder zwischen den Eisenschienen werden nun wieder

mit Lehm ausgefüllt und weiter dann der ganze Körper mit einer 2 *cm* starken Schicht Lehm überzogen. Nachdem die Form so weit vorgeschritten und wieder getrocknet ist, setzt man einen gusseisernen Ring *g* über das Eisengerippe und verbindet ihn wieder innig mittelst Lehm mit der zuletzt aufgetragenen Lehmschicht. Der jetzt neu auf die Form gebrachte Lehm muss gut getrocknet werden, weil man sonst Gefahr läuft, dass beim Abheben des Mantels *m* der Ring über die Form abgleitet.

Bei vorsichtiger Manipulation kann der Mantel ohne Anstand von der mit Asche oder Graphitwasser bestrichenen Trennungsfläche des Hemdes (Eisenstärke) abgehoben werden. Nun schreitet man zum Ablösen der Eisenstärke und überzieht hierauf, nachdem man vorher ausgebessert hat, den Kern mit Graphitschwärze und trocknet ihn gut durch. Auch der Mantel wird jetzt ausgebessert, die etwa vorkommenden Modelltheile, Lappen, Stützen u. s. w. werden aus ihm herausgezogen, und schliesslich so wie der Kern mit in Wasser angemachtem Graphit bestrichen und gut getrocknet. Beim Zusammensetzen der Form wird vorerst der Kern in die Dammgrube gebracht, der innere hohle Raum mit Sand angefüllt, die zurückgebliebene Oeffnung nach der Gestalt des Kernes mittelst Lehm geschlossen, getrocknet und der Mantel nach den vor dem Abheben angedeuteten Zeichen darüber gesetzt. Hierauf verbindet man den Mantel mit dem Kerne dadurch, dass man drei Eisenschienen, welche in die Dammgrube unter den Kern entsprechend gelegt wurden, durch Schrauben mit den sechs angegossenen Lappen *l* des Mantelringes *g* zusammenspannt. Weiter wird die Form vorsichtig eingedämmt und überdies noch mit Beschwereisen belastet. Durch ausgesparte Canäle in dem Sande wird Sorge getragen, dass die während des Gusses sich bildenden Gase leichten Abzug aus dem Kerne, so wie aus dem Mantel der Form erhalten. Die an der höchsten Stelle der Form angebrachten Gusscanäle sollen nicht zu stark sein, um dem Aussprengen beim späteren Putzen des Gussstückes vorzubeugen. Dieser schwachen Gusscanäle, deren Durchmesser 19 *mm* nicht übersteigen soll, bringt man vier an, vereinigt sie ausserhalb der Form in einer Mulde und der Guss kann vor sich gehen. (Nach Gussmeister Bellani.)

Wäre eine Säule von bedeutender Grösse zu giessen, z. B. 4 bis 5 *m* Höhe, 1 *m* unterem Durchmesser, so wird man, um die grossen Modellkosten zu sparen, auch Lehmformerei anwenden. Man wird für den Säulenfuss, sowie für den Säulenschaft und das Capitäl Schablonen herstellen und zunächst ganz analog dem oben beschriebenen Vorgange die Form für den Säulenfuss, hierauf

jene für den Schaft und schliesslich die für den Säulenkopf oder das Capitäl erzeugen. Nacheinander setzt man dann diese Formen in einer tiefen Grube zusammen und umstampft die Form mit Formsand, die Dammgrube ausfüllend, um ein Durchbrechen der Form durch das geschmolzene Metall zu verhindern. Soll die Säule einen cannelierten Schaft erhalten, so werden die entsprechenden Vertiefungen in den Mantel nachträglich eingearbeitet, wozu man sich der Beihilfe hölzerner Modelle (segmentförmiger Schienen) bedienen kann. In ähnlicher Weise wird, wenn das Gussstück erhabene Schrift aufweisen soll, diese in dem Mantel ausgearbeitet, wozu man mit Vortheil einzelne in Zink gegossene Buchstaben, welche als Modell dienen, verwendet.

Bei so grossen Gussstücken muss auf das Schwinden Rücksicht genommen werden. Wäre Kern und Mantel aus zu dichtem Lehm hergestellt, so würde bei dem Auskühlen des Gusses leicht ein Bruch, bei unserem Beispiele ein Abreissen des Capitäles und ein Platzen des Säulenschaftes eintreten. Die Anwendung sehr porösen Lehmes und ausziehbarer kräftiger Schienen und Platten beugt dieser Gefahr vor. In vielen Fällen hilft man sich auch dadurch, dass nach erfolgtem Erstarren, bei noch glühendem Gusse, die Form aufgerissen wird.

Bei grösseren Gussstücken ist der hydrostatische Auftrieb der Flüssigkeitssäule ein so bedeutender, dass dem Durchbruche des Metalles durch Umstampfen der Form und durch entsprechende, auf den oberen Kasten aufgelegte Belastung, welche gewöhnlich in Roheisenbarren besteht, vorgebeugt werden muss.

Von den Schablonen kann man auch beim Sandgusse in manchen Fällen vortheilhafte Anwendung machen, insbesondere bei der Herstellung der Formen für sehr grosse Zahnräder, Seilscheiben und Riemenscheiben.

Will man ein sehr grosses Zahnrad herstellen, so findet die Schablone zur Bildung des Kranzes und der Nabe Anwendung. Die Arme werden gewöhnlich mit Benützung eines Modelles (für einen Arm) geformt. Der Vorgang ist folgender. Mit der ersten Schablone formt man sich, wie Fig. 251 andeutet, zunächst im gestampften Sande des Giessereilocales, durch allmähliches Senken der Schablone eine Fläche aus, welche der oberen Begrenzung des Zahnkranzes und der Nabe entspricht und je nach der Querschnittsform der Arme den Raum zwischen Nabe und Kranz entweder bis zum Mittelschnitt der Arme (bei ovalen Hohlarmen) oder bis zur Oberfläche der Mittelrippe (bei + förmigen Armen) abgleicht. Stellt

die nachstehende Fig. 252 den schematischen Radialschnitt eines Zahnrades vor, bei welchem mit Rücksicht auf die Gestaltung der später zu besprechenden Kerne für die Zahnlücken der Radkranz grössere radiale Erstreckung aufweist, so ist die erste Schablone nach 1, 2, 3, 4, 5, *a* gebildet.

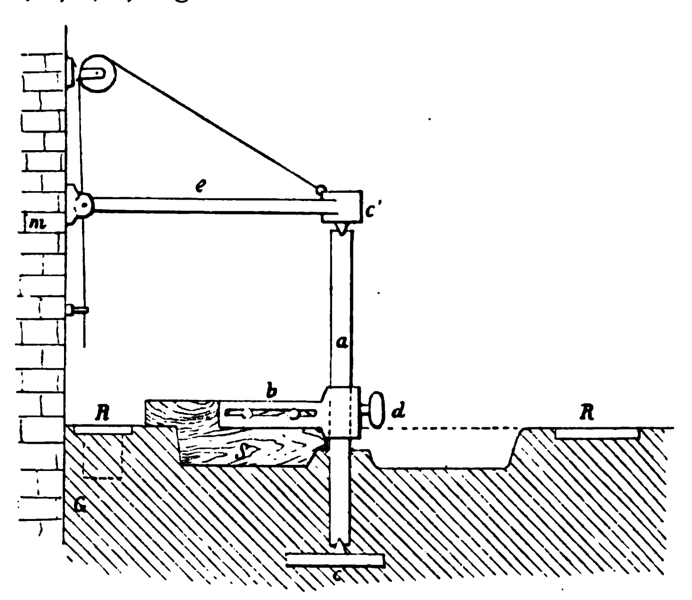


Fig. 251. Schablonenformerei im Formsande. *a* Achse, *b* Arm, *S* erste Schablone, *c c'* Körner (oder Lager), *e* Ausleger.

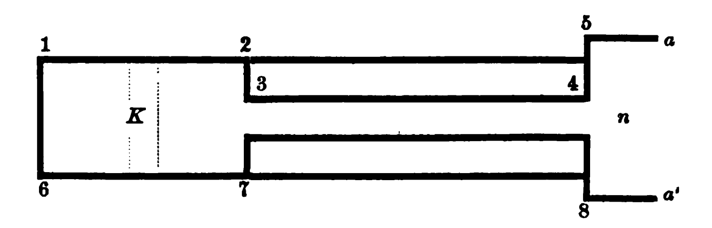


Fig. 252. Schematischer Radialschnitt durch ein Zahnrad mit kreuzförmigen Armen. *K* Zahnkranz mehr dem Raume für die Kerne, *n* Nabe.

Nachdem durch die erste Schablone die Arbeit verrichtet und die entsprechende Oberfläche im Sande gebildet ist, wird dieselbe mit Kohlenpulver tüchtig eingestaubt und ein entsprechend grosser, mit Querrippen versteifter Kasten aufgesetzt.

Durch Einstampfen des oberen Kastens wird der Obertheil der Form gebildet. Vor dem Abheben desselben werden drei

Eisenstangen knapp an der äusseren Kastenwand in den unteren Theil der Form eingeschlagen, welche den Kasten fixieren und es späterhin ermöglichen, denselben genau an derselben Stelle aufzusetzen.

Der Kasten wird abgehoben und nun die zweite Schablone, welche nach den Linien 1, 6, 7, 3, 4, 8, *a'* der Fig. 252 gebildet ist, nach Fig. 253 zur Anwendung gebracht. Hierdurch wird bei allmählichem Senken der Schablone der Raum für Kranz und Nabe ausgearbeitet.

Sowohl vor dem Ausstampfen des Oberkastens als nach dem Gebrauche der zweiten Schablone wird die Sandfläche durch Formspateln oder Poliereisen geglättet. Haben die Arme + Querschnitt, so kommen in den Oberkasten nur die oberen Rippen zu liegen und können die Hohlräume für dieselben durch entsprechendes

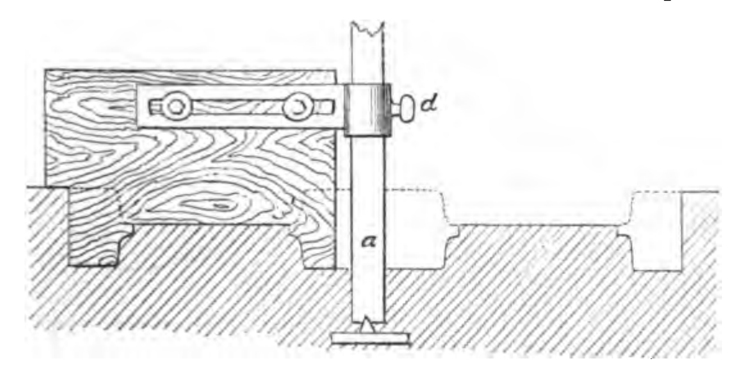


Fig. 253. Zweite Schablone.

Auflegen von Leisten auf die durch die Schablone I gebildete untere Form beim Ausstampfen des Oberkastens erhalten werden.

Nach Anwendung der Schablone II werden mittelst eines T-förmigen Modelles für die restlichen Theile der Arme diese eingeformt, indem man etwas Sand aushebt, das Modell einlegt und Sand anstampft. Die hierbei eintretende Beschädigung der Wände von Kranz und Nabe und der Fläche zwischen den Armen wird mit Formspateln ausgebessert.

Für im Querschnitt ovale Arme wird ein getheiltes Armmodell benützt und dasselbe so oft eingeformt, als Arme am Rade vorkommen. Es bereitet dies keine grossen Schwierigkeiten, weil man den Oberkasten partienweise einstampfen und ihn so oft neu aufsetzen kann, als das Armmodell in einer neuen Lage sich befindet. Für Hohlarme sind entsprechende Kerne zu verwenden, welche im fertigen Gusse verbleiben.

Die Eintheilung der Zähne geschieht auf einem gusseisernen Ringe *R* (Fig. 251), dessen Durchmesser grösser ist als der des zu formenden Rades. Man giesst auf ihn eine beiläufig 4 *mm* starke Schicht Gyps, schabt diese nach dem Erstarren mittelst eines Messers glatt und schwärzt die Gypsfläche mit Graphit oder Holzkohlenpulver ein, um scharf markierte Theilstriche zu bekommen. Man befestigt an der Schablone einen Stift, mit welchem in den Gyps ein Kreis eingerissen wird, welcher nach der Zahl der Zähne zu theilen ist; des weiteren wird der Schablonenarm zur Befestigung eines Lineales benützt, welches, von Theilstrich zu Theilstrich gedreht, stets den Ort angibt, an welchem ein Kern für die Zahnlücke einzusetzen ist. Diese Kerne werden in einem Kern-

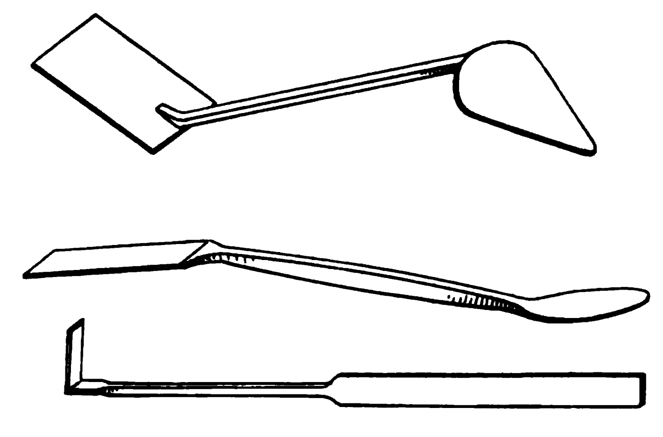


Fig. 254. Formspateln.

kasten hergestellt, getrocknet und hierauf an der äusseren cylindrischen Fläche der Form eingesetzt und angepasst. Dieselben sind länger, als es dem Abstande von Fusskreis und Kopfkreis des Zahnrades entspricht, weil die Kerne durch die Verlängerung mit radialen ebenen Flächen aneinander stossen und so sich gegenseitig stützen. Ist dann schliesslich die Form im Unter- und Obertheil repariert, so überzieht man sie mit Graphitschwärze und trocknet sie gut durch.

Wiederholt wurde bemerkt, dass das Ausbessern der Form mittelst Spateln, Poliereisen u. dgl. erfolgt. Es sind dies einfache Werkzeuge, verwandt mit den Modellierwerkzeugen der Bildhauer, nur sind sie stets aus Metall, gewöhnlich aus Eisen. Fig. 254 zeigt drei verschiedene Spateln, die erste der gezeichneten Formen wird insbesondere Glätt- oder Poliereisen genannt.

Der Schalenguss wird in der Eisengiesserei bei Gegenständen angewendet, welche an der Oberfläche sehr hart sein, also weniger leicht sich abnützende Flächen besitzen sollen. Solche Gussstücke führen die Bezeichnung Hartguss und spricht man dem entsprechend von Hartgusswalzen, Hartgussrädern etc. Diejenigen Flächen des Gussstückes, welche bearbeitet werden sollen, oder überhaupt das ursprünglich graue Eisen aufzuweisen haben, werden in Sand abgeformt, jene Theile, welche hart werden sollen, erhalten als Begrenzung die gusseiserne Schale. Sandform und Schale müssen genau zusammengepasst sein.

Als Beispiel sei die Form einer Hartgusswalze näher besprochen. Die ganze Form besteht der Hauptsache nach aus dem Unterkasten *a*,

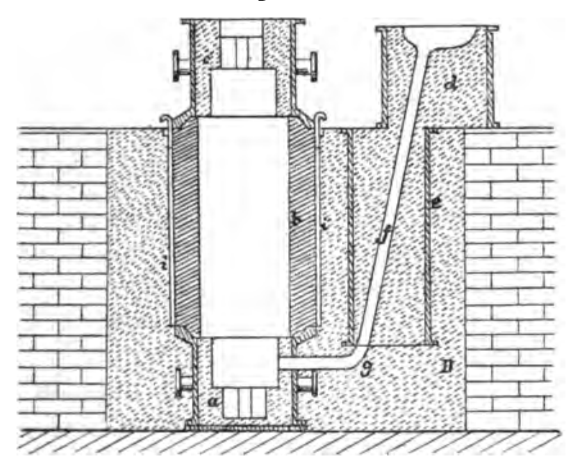


Fig. 255. Gussform für eine Hartgusswalze.

Fig. 255, der Schale *b* und dem Oberkasten *c*. Vorerst wird der Unterkasten *a* aufgestampft, der Eingusscanal mit Zuhilfenahme des entsprechenden Modelltheiles ausgespart und die Form gut getrocknet am Boden der Dammgrube hingesetzt. Wie in der Figur ersichtlich, passt die Schale *b* in den ausgedrehten Theil des Kastens *a*, wie auch in den analogen Theil des Kastens *c*. Mittelst angebrachter Schrauben werden diese drei Theile fest zusammengezogen und der Eingusscanal circa 6 bis 7 *cm* stark an den Unterkasten angepasst. Um das Reissen der Schale möglichst zu verhindern, wird sie vor dem Giessen der Walze vorgewärmt. *d* und *f* sind Formkasten für den Gusscanal, hier Steigrohr genannt. Der Gusscanal tritt tangentiell in die Form *a* ein und dies bewirkt eine kreisende Bewegung des Eisens beim Aufsteigen in der Form, wodurch mitgerissene Schlacke nahe der Achse aufwärtssteigend

sicher in den „verlorenen Kopf" (Ueberhöhung der Form) gelangt, daher unschädlich gemacht ist. Der verlorene Kopf wird meist mehrfach höher gemacht, als Fig. 255 zeigt, damit jene Einsenkung, welche durch das Saugen entsteht (vgl. S. 254), allein auf den verlorenen Kopf beschränkt ist.

Mit dem Schalenguss verwandt ist der Schwenkguss. In die mehrtheilige, wohl zusammengefügte, gut vorgewärmte eiserne Form wird geschmolzenes Eisen gegossen, einige Secunden ruhen gelassen, und durch Umstürzen der Form der noch grossentheils flüssige Inhalt entleert. Man erhält hierdurch einen sehr dünnwandigen Guss, entsprechend der an den Wandungen der Form erstarrten Kruste.

Beim Centrifugalguss wird das geschmolzene Eisen in eine rotierende eiserne Form, deren Innenfläche eine Rotationsfläche sein muss, gegossen. Durch die Rotation legt sich das flüssige Eisen an die Formwandungen an.

Schalen- oder Metallformen werden bei dem Zinnguss sehr häufig angewendet, überhaupt beim Giessen leichtflüssiger Metalle, z. B. von Blei für die Plombenerzeugung, von Letternmetall in der Schriftgiesserei. In letzterer bedient man sich automatisch wirkender Giessmaschinen, bei welchen das geschmolzene Schriftgiessermetall durch eine kleine Pumpe in die Form gespritzt wird. Das kleine Gussstück ist sofort erstarrt und wird selbstthätig aus der sich öffnenden Form geworfen; ja bei den neuesten Maschinen findet sogar das Abbrechen der Gusszapfen und die Nacharbeit der Type sofort automatisch im Anschlusse an das Giessen statt.

Je leichtflüssiger das Metall, desto freier ist man in der Wahl des Materials der Gussform. Zinn und Letternmetall kann in Formen aus Sandstein, Schiefer und selbst Papier gegossen werden. Von letzterem Material macht man in der Schriftgiesserei bei Herstellung der Stereotypplatten Anwendung und ist insbesondere die Erzeugung der Stereotypplatten für die Rotationsmaschinen (Schnellpressen mit Typencylindern) überaus sinnreich. Die eine Einlage in die eiserne Gussform bildende Papiermater oder Papiermatrize wird dadurch erzeugt, dass man einen feuchten Papierbogen auf den zu copierenden Satz*) (d. i. aus einzelnen Lettern durch das Setzen gebildete Druckform) auflegt, mit einer Bürste oder durch Pressung eintreibt, hierauf einen zweiten feuchten mit Klebstoff bestrichenen Bogen auflegt und ebenfalls anschlägt

---

*) S. Karmarsch-Heeren, techn. Wörterbuch, III. Aufl., Bd. 2, S. 125 bis 159.

u. s. f., bis ein Kartenblatt gebildet ist, welches die Erhöhungen des Satzes als Vertiefungen aufweist. Diese Papiermatrize wird nach dem Trocknen an die concave Innenwand einer segmentförmigen Gussform [))] angelegt (eingespannt) und dadurch erhält man eine segmentförmige Gussplatte, welche auf ihrer convexen Seite die Schrift erhaben trägt und schliesslich einen Theil der Oberfläche des Typen-(Druck-)Cylinders bildet.

Stahlguss.

In neuerer Zeit ist der Stahlguss von ausserordentlicher Wichtigkeit für den Maschinenbau geworden, indem man viele Maschinentheile, Kurbeln, Kreuzköpfe, Schubstanzen, Excenter, Kolben, Zahnräder, Schiffsschrauben u. s. w. aus Stahl giesst, welche früher aus schmiedbarem Eisen oder aus Gusseisen hergestellt wurden.

Der Stahl wird im Siemensofen (S. 105) geschmolzen, in die Pfanne abgestochen und aus dieser gegossen. Der hohe Schmelz-

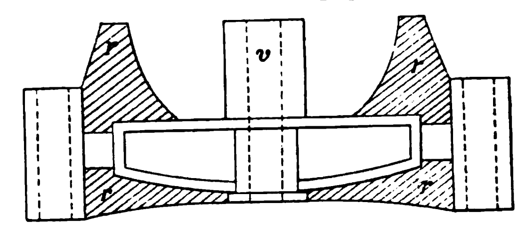


Fig. 256. Stahlguss. *v* verlorener Kopf, *r r* Verbindungsrippen.

punkt des Stahles erfordert besonders widerstandsfähiges Formmaterial und sehr scharf getrocknete Formen.

Als Formmaterial wird ein Gemenge von sehr feinem Quarzsande, Graphit (insbesondere Graphittiegelmehl) und feuerfestem Thone verwendet.

Es wird feucht geformt, wie bei der gewöhnlichen Sandformerei, doch hat die Masse eine etwas geringere Bindung als gewöhnlicher Formsand und muss gut gestampft werden. Die Formen sind vor dem Gebrauche scharf zu trocknen.

Um dichte Güsse zu erhalten, werden sowohl kräftige verlorene Köpfe und entsprechend viele Steigröhren, als auch Verbindungsrippen angewendet, welche von dem ausgeglühten Gusse entfernt werden müssen, wodurch sich bedeutende Nacharbeit ergibt.

In der vorstehenden Fig. 256 stellt *v* den massigen verlorenen Kopf, *r*, *r* die Verbindungsrippen vor, ohne welche die einspringenden Winkel und die Kanten zu unrein ausfallen würden.

Bei einspringenden Winkeln des Gussstückes werden auch öfter in die Form Drahtstifte nur so weit eingesteckt, dass sie etwa zur Hälfte vorragen, sich im Metall lösen, und dadurch dasselbe kühlen.

Das Schwinden beträgt circa 1·8% und um diesem bedeutenden Schwinden Rechnung zu tragen, werden grosse Kerne nur mit 80 bis 100 *mm* Wandstärke ausgeführt und der Innenraum des Kernes mit Coaks ausgefüllt, wodurch der Kern eine gewisse Nachgiebigkeit erlangt.

Damit die Güsse feines Korn erlangen, müssen sie ausgeglüht werden und dauert der Glühprocess einschliesslich Anheizen und Auskühlen 30 Stunden.

Das Schmelzen und Giessen.

Zum Schmelzen der Metalle bedient man sich der Schachtöfen, Flammöfen, Windöfen und Gefässöfen (vgl. S. 184), deren Bau und Betrieb sich wesentlich nach dem Schmelzpunkte des Metalles richtet.

In der Eisengiesserei werden zumeist jene Schachtöfen verwendet, welche den Namen Cupolöfen führen, weil sie ökonomisch günstig arbeiten. Nur ausnahmsweise stehen Flammöfen in Gebrauch, weil man mit ihnen eine bestimmte Eisenmischung zuverlässiger erreichen kann und durch oxydierende Einwirkung der Flamme imstande ist, zäheres Gusseisen zu erzielen. Tiegelöfen werden nur für das Schmelzen kleinerer Mengen, insbesondere bei der Erzeugung schmiedbaren Eisengusses, angewendet; sie bieten naturgemäss gleichfalls den Vortheil, die Mengung verschiedener Roheisensorten exact durchführen zu können.

Cupolöfen sind Schachtöfen von 500 bis 1200 *mm* Durchmesser und 2500 bis 3500 *mm* Höhe über der Luftzuführung. Man kann nach Ledebur*) annehmen, dass unter normalen Verhältnissen pro 1 bis $1^1/_4$ cm^2 des Schachtquerschnittes an der engsten Stelle stündlich 1 *kg* Roheisen geschmolzen wird. Der Gesammtquerschnitt der Windeinströmungsöffnungen hat mindestens $^1/_8$ des Ofenquerschnittes (an der engsten Stelle) zu betragen, wird aber meist zu $^1/_4$ bis $^1/_5$, zuweilen sogar zu $^1/_2$ genommen.

Bei gut vertheilter Windzufuhr können mit 1 *kg* Coaks 15 *kg* Eisen geschmolzen werden. Die Windpressung beträgt 200 bis 350 *mm* Wassersäule.

---

*) Die Verarbeitung der Metalle auf mechanischem Wege von Professor A. Ledebur, Braunschweig, Vieweg.

In Cupolöfen schmilzt man Roheisen mittelst Coaks ein, unter Beigabe eines Zuschlages von Kalk, welchem zuweilen auch Flussspath zugesetzt wird. Man kann die Coaksmenge pro Gicht (Postengewicht) mit 80 *kg* auf den Quadratmeter Gichtöffnung annehmen. Der Kalksteinzusatz beträgt etwa 18% der Coaksmenge und bildet mit der Asche und dem Sandgehalte des Roheisens eine leichtflüssige Schlacke, welche sich auf dem geschmolzenen Roheisenbade sammelt und dasselbe vor Oxydation schützt.

Die älteren Cupolöfen unterscheiden sich von den neueren hauptsächlich dadurch, dass bei jenen nur eine, häufiger zwei Windeinströmungsöffnungen vorhanden sind, während die neueren Cupolöfen deren mehrere oder doch grössere und in solcher Vertheilung besitzen, dass eine reichlichere und örtlich ausgedehntere Windzufuhr, daher auch eine vollkommenere Verbrennung des Kohlenstoffes eintritt. Bei allen Cupolöfen ist für den Schlackenabfluss in ähnlicher Weise gesorgt, wie dies beim Hochofen besprochen wurde.

Da sich die älteren Cupolöfen in besser eingerichteten Eisengiessereien nicht mehr vorfinden, besprechen wir nur einige der neueren Anordnungen, den Ireland-, Krigar-, Groednitzer-, Hamelius- und Herbertzofen und verweisen im übrigen auf Dürre's Eisengiesserei.

Bei allen diesen Oefen ist der Schacht in der Hauptsache cylindrisch, nur in der Nähe der Luftzufuhr ist er etwas verengt ausgeführt, dies hat seinen Grund zumeist darin, dass man in der heissesten, dem Abschmelzen am meisten unterliegenden Zone durch Vergrösserung der Wandstärke den Ofen haltbarer machen will. Aussen sind die cylindrischen Ofenflächen aus Kesselblech gebildet, die Oefen haben also sogenannte Blechmäntel, und diese sind mit feuerfesten keilförmigen Chamotteziegeln ausgemauert. Zur Bindung dieser Ziegel verwendet man einen Mörtel, welcher aus Chamotteziegelmehl, feuerfestem Thone und Wasser besteht. Der so gebildete Schacht muss langsam getrocknet werden.

Die Benützung dieser Oefen findet gewöhnlich 3 bis 4 Stunden des Nachmittags statt, während der übrige Theil des Tages in den Giessereien zur Herstellung der Formen verwendet wird. Vor dem Anheizen ist der Ofen von den anhängenden Schlacken zu reinigen und sind die schadhaften Stellen mit feuerfestem Thone (Chamottemörtel) auszubessern. Der Arbeiter muss zu diesem Zwecke den Ofen befahren können, weshalb sein Durchmesser nicht weniger als 500 *mm* betragen soll. Die Entfernung der Schlackenreste von der letzten Schmelzung, sowie das Befahren des

Ofens wird wesentlich dadurch erleichtert, dass der Boden des Ofens als Klappe (Fallthüre) ausgebildet ist (Krigar), deren Verschluss man am Ende des Betriebes aufstösst, wodurch die glühenden und zum Theile flüssigen Reste ausfallen, bevor sie zusammenbacken würden und ausgebrochen werden müssten.

Der Wind wird bei den neueren Cupolöfen nicht durch einzelne getrennte Düsen, wie wir solche beim Hochofen kennen lernten, zugeführt, sondern es ist um den Ofen ein meist rechteckiger eiserner Canal (Ringcanal) gelegt, aus welchem kurze Hohlkegel den Wind in das Innere des Ofens führen. Durch diese Anordnung wird auch eine geringe, immerhin günstig wirkende Erwärmung des Windes erzielt.

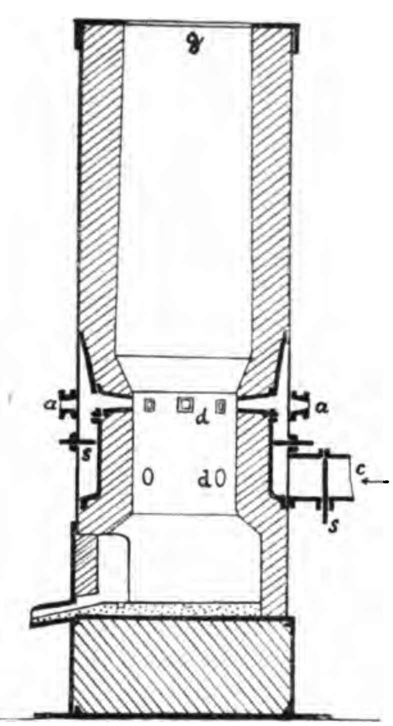


Fig. 257. Ireland-Cupolofen. *g* Gicht, *s* Schieber, *d* Düsen, *a* Schaulöcher.

Als erster Cupolofen dieser Einrichtung ist der Sefströmsche Cupolofen zu erwähnen, bei welchem aus dem Ringcanal acht bis sechzehn Düsen, in zwei Horizontalreihen gelegen, in den Ofen eintreten. Der in Fig. 257 skizzierte Irelandofen ist dem Sefströmofen insofern ähnlich, als die Windöffnungen gleichfalls in zwei Horizontalreihen angeordnet sind, doch ist der Abstand derselben etwa doppelt so gross wie bei dem Sefströmofen und sind zwei Wind-Ringcanäle vorhanden, von welchen der obere aus dem unteren den Wind erhält. Durch Schieber lässt sich die Pressung im oberen Canale niedriger halten und somit auch die Windwirkung mannigfach abändern. Durch die grössere Entfernung der Düsenreihen (400 bis 750 *mm*) und den bedeutenden Querschnitt (zusammen $^1/_4$ bis $^1/_2$ des kleinsten Ofenquerschnittes) wird die Verbrennung grossentheils zu Kohlensäure erfolgen und der Effect erhöht.

Den Krigarofen zeigt Fig. 258 und fällt sofort die Anordnung des Vorherdes, die eigenartige Windzuführung und der Klappenboden auf.

Der Vorherd gestattet die Ansammlung einer grösseren Menge geschmolzenen Eisens und bewirkt, dass im eigentlichen Schmelzraume kein allmähliches Steigen des Eisenbades, daher auch keine Aenderung der Windwirkung eintritt. Aus den beiden Figuren ist zu ersehen, dass der Wind in guter Vertheilung in den Schmelzraum geführt wird.

Da sich der im Grundrisse eckige Vorherd Krigar's nicht einfach mit der Eisenarmierung versehen lässt, so hat man diese Form abgeändert:

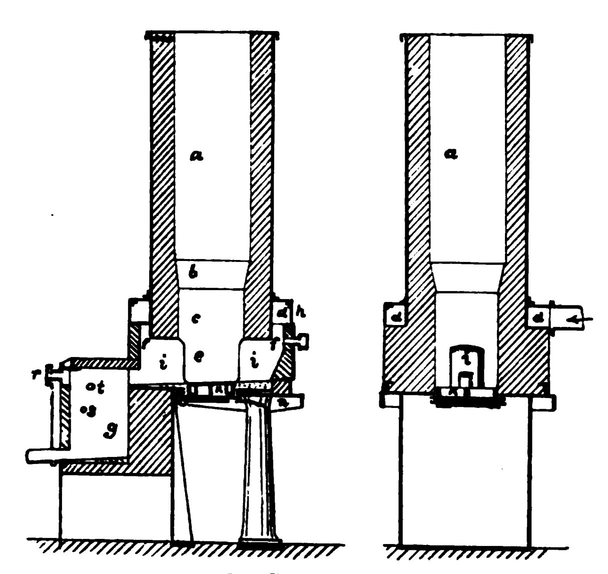


Fig. 258. Krigar's Cupolofen. *abc* Schacht, *d* Windcanal, *e* Herd, *g* Vorherd, *k* Klappenboden, *n* Verriegelung, *r* Schauloch, *s* Schlackenform.

Als eine Variante des Krigarofens kann auch der Groednitzer Ofen bezeichnet werden (Fig. 259); die wesentlichste Abänderung liegt in der Windzuführung.

Eine noch weitere Vertheilung des Windes ist bei dem Hameliusofen durchgeführt, welchen Fig 260 darstellt; dieser Ofen ist mehrfach mit sehr gutem Erfolge in Anwendung und soll, vom Anheizen abgesehen, nach Mittheilungen mit 4 *kg* Coaks 100 *kg* flüssiges Roheisen liefern. Es sind vier rechteckige grössere Windöffnungen und zwölf kleine kreisförmige vorhanden.

Der Cupolofen von Herbertz weicht von den vorbesprochenen Oefen dadurch wesentlich ab, dass die Windbewegung durch

die **Saugwirkung eines Dampfstrahlgebläses** erfolgt. Der Ofen besteht aus einem langen Ober- und einem kurzen Untertheile, deren Abstand, durchschnittlich 15 *mm* betragend, sich einstellen lässt. Der rundum laufende Spalt zwischen diesen beiden Theilen, dem Schachte und dem Herde, gestattet der äusseren Luft den Eintritt in den Ofen und ist derselbe eine Folge des im Ofen herrschenden Unterdruckes von 40 bis 60 *mm*, welcher durch die

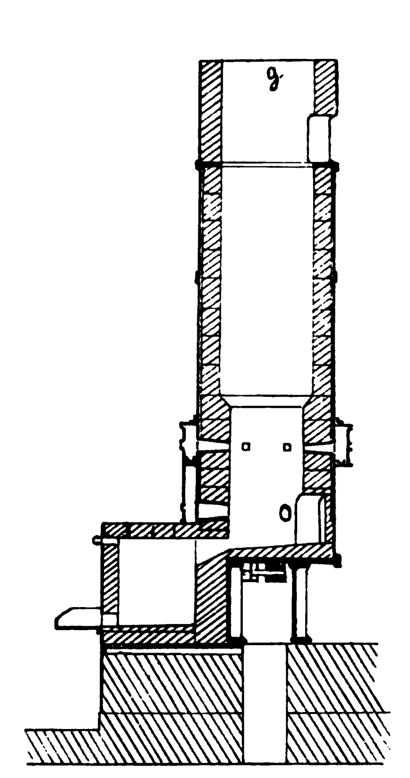



Fig. 259. Groednitzer Cupolofen.

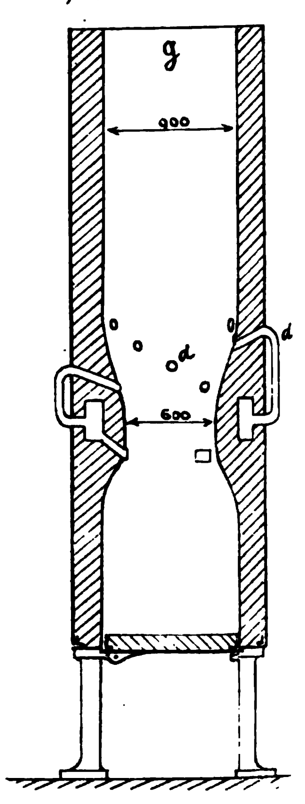


Fig. 260. Hamelius Cupolofen.

Saugwirkung des bei *d* (Fig. 261) eintretenden Dampfstrahles bedingt wird. Für einen Ofen von 950 *mm* Herdweite und stündlicher Leistung von 1900 bis 2000 *kg* Eisen ist ein stündlicher Dampfverbrauch von 70 *kg* bei $3^1/_2$ bis $4^1/_2$ Atmosphären Spannung erforderlich; entsprechend 10 *kg* Coaks. Der Ofen verbraucht zum Anheizen bei 200 *kg* Füllcoaks und pro 100 *kg* geschmolzenes Eisen des weiteren 4 bis 6 *kg* Coaks.

Die Gicht ist in der Regel geschlossen und wird nur bei der Beschickung geöffnet, analog der beim Hochofen beschriebenen

Anordnung. Als ein Vortheil dieses Ofens ist geringe Veränderung des Eisens hervorzuheben. Wie aus Fig. 261 ersichtlich, kann der Herd durch (vier) Schrauben herabgelassen werden.

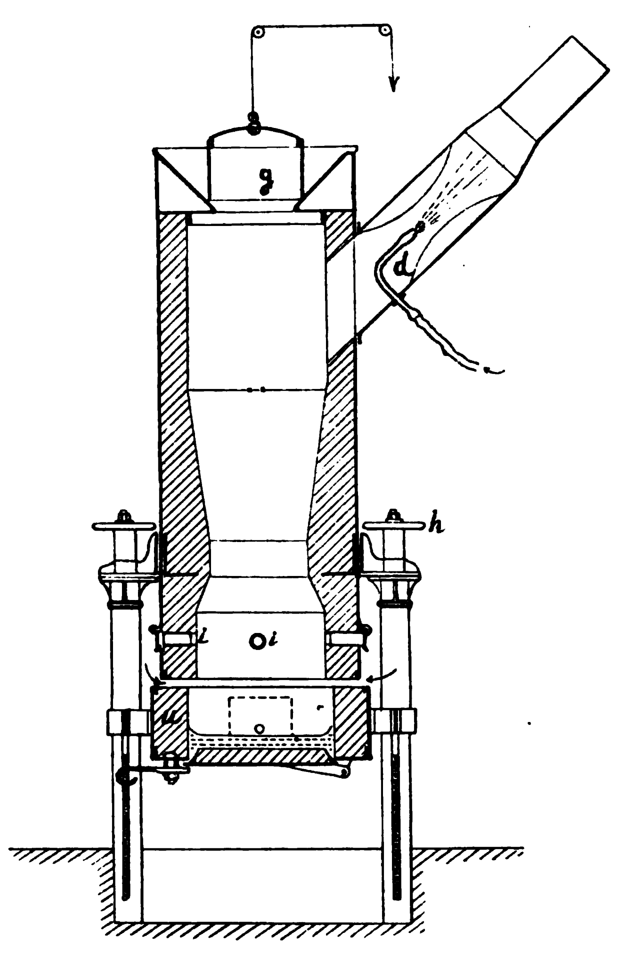


Fig. 261. Cupolofen von Herbertz. *g* Gicht, *d* Dampfrohr, *i* Schaulöcher, *h* Handrad zum Heben des Untertheiles *u*.

Das geschmolzene Roheisen wird aus den Cupolöfen in Pfannen gesammelt. Beabsichtigt man grosse Güsse herzustellen, für welche die Menge des im Ofen angesammelten Eisens nicht zureicht, dann lässt man den Ofen etwas heisser gehen, um so weit überhitztes Eisen zu erlangen, dass man die Mengen von zwei bis drei Abstichen in einer Pfanne ansammeln kann, ohne Erstarrung

befürchten zu müssen. Der Cupolofenprocess wird für den Gussmeister wesentlich leichter controllierbar, wenn an der Windleitung ein Manometer angebracht ist, welches die Bestimmung des vorhandenen Winddruckes (300—500 *mm* Wassersäule) gestattet.

Auf dem flüssigen Roheisen schwimmt in den Pfannen fast immer etwas Schlacke, welche man theils abhebt, theils beim Eingiessen des Eisens in die Gussformen durch vorgehaltene Bleche zurückzuhalten sucht. Macht man durch Zurückschieben der Schlacke die weissheisse Oberfläche des geschmolzenen Eisens dem Auge sichtbar, so gewahrt man auf derselben Zeichnungen, welche mit der Qualität des Gusseisens in Zusammenhang stehen. Bei flüssigem Holzkohlenroheisen erscheinen, wie Ledebur angibt, auf weissem Grunde dunklere Kreuze (+), bei Coaksroheisen dreieckige und trapezähnliche Flecke. Der geübte Giesser kann aus diesen Zeichnungen Schlüsse auf die Qualität des Eisens ziehen.

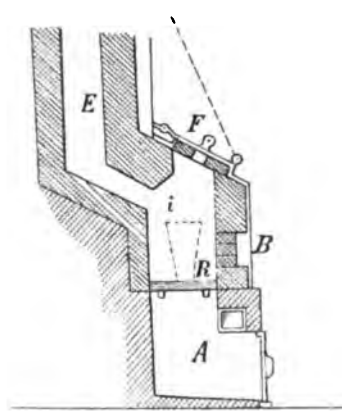


Fig. 262. Windofen. *A* Aschenfall, *R* Rost, *i* Tiegel, *E* Esse, *F* Feuerthür, *B* Brust des Ofens mit ausgehebbaren Verschlusssteinen.

Beim Giessen soll der Strahl flüssigen Eisens stetig in die Form fliessen, bis dieselbe gefüllt ist. Durch die Einwirkung des flüssigen Eisens bilden sich bei „grünem" Sande nicht nur Dämpfe, sondern auch Kohlenwasserstoffe, welche aus den Zwischenräumen der Formkasten austreten und sofort entzündet werden müssen, damit nicht grössere Ansammlungen explosiver Gasgemische entstehen. Von der meist erforderlichen Beschwerung der Formkasten wurde bereits gesprochen.

Das Schmelzen von Bronze, Messing und Tombak findet je nach den zu schmelzenden Mengen meist in Flammöfen oder in Windöfen statt. Schachtöfen eignen sich hier deshalb weniger, weil durch die Einwirkung des Windes leicht eine Oxydation des Zinkes eintritt, welches stets im Tombak und im Messing, häufig auch in der Bronze enthalten ist. Die benützten Flammöfen unterscheiden sich von den Puddelöfen (S. 85) dadurch, dass der Herd fast eben, mehr vertieft und gegen die Seite des Stichloches entschieden geneigt ist. Regenerativöfen stehen deshalb in den Bronzegiessereien gewöhnlich nicht in Verwendung, weil die kurze Schmelzdauer und die geringen Massen zu schmelzenden Gutes

diese Oefen nicht angezeigt erscheinen lassen; sonst stünde ihrer Anwendung kein Hinderniss entgegen. In den meisten Fällen sind die Mengen der zu schmelzenden Legierungen so gering, dass in Tiegeln geschmolzen werden muss.

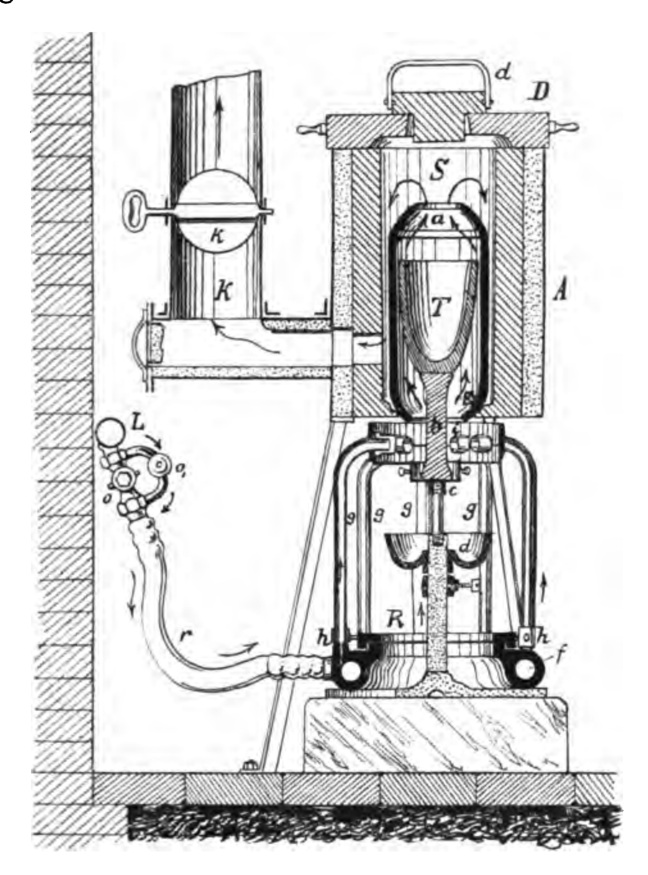


Fig. 263. Perrot's Gasofen. *L* Gasleitung, *o* Haupthahn, *o*, Nebenhahn für das Anwärmen, *r* Kautschukschlauch, *f* Ringrohr, *g* Brenner, *d* Fangschale, *c* Centrierring für den Käs *b*, *T* Tiegel, *E* Chamottehülse, *a* deren Kappe, *d* und *D* Deckel, *K*, *k* Rauchrohr und Klappe, *h* und *R* für Regulierung der Lufteinströmung.

Die exacte Mischung ist hier und bei Anwendung der Flammöfen nicht schwierig; man kann dieselbe durch Rühren mit hölzernen Stangen, welche infolge oberflächlicher Verkohlung auch reducierend wirken (vgl. S. 134), befördern.

In Fig. 262 ist ein Windofen skizziert, wie er zu Messingguss häufig in Anwendung steht. Aehnliche solche Oefen werden auch in den Münzstätten zum Schmelzen jener Silber-

Kupfer- und Gold-Kupfer-(Silber-)Legierungen, welche zur Herstellung der Münzen dienen, angewendet.

Die Goldarbeiter bedienen sich gerne der Perrot'schen oder der Roessler'schen Gasöfen, weil einerseits ein Bersten (Krepieren) des Tiegels das edle Metall in eine Fangschale fliessen lässt, andererseits die Schmelzung ohne Beihilfe von Arbeitern durch den Leiter der Werkstätte selbst vorgenommen werden kann. Fig. 263 zeigt den Perrot'schen Gasschmelzofen, bei welchem das Gas durch ein System Bunsen'scher Brenner *g* mit atmosphärischer Luft regelbar gemengt zur Verbrennung gelangt. Die Flammen steigen an dem Tiegel aufwärts, treten oben bei *S* durch ein Loch der Muffe *a* aus, fallen um die Muffe herum nach abwärts und gelangen hierauf in den Schornstein. Dieses doppelte Flammen-

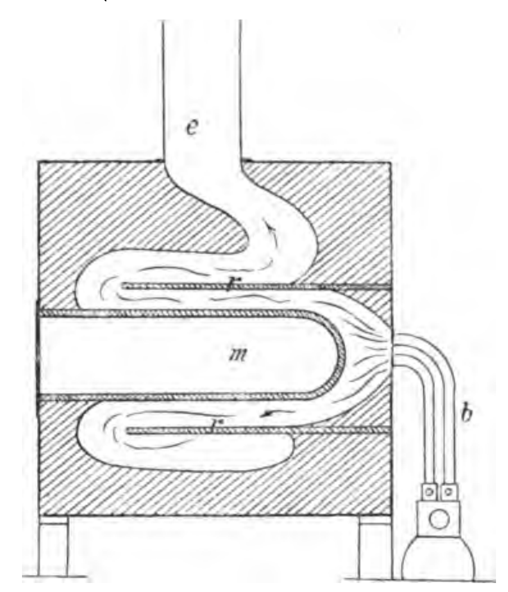


Fig. 264. Perrot's Muffelofen. *m* Muffel, *r* Chamotterohr, *b* Brenner, *e* Esse.

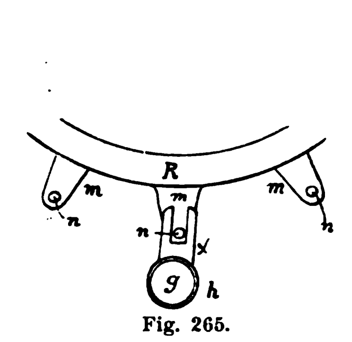


Fig. 265.

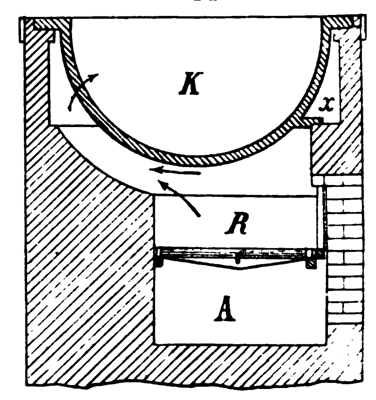


Fig. 266. Kesselofen.

spiel, welches aus der schematischen Darstellung des Perrot-schen Muffelofens, Fig. 264, vielleicht noch deutlicher ersichtlich

ist, steigert die Temperatur im Verbrennungsraume indirect dadurch, dass sie die Wärmeableitung aus demselben vermindert.

Die Regelung der Luftzufuhr in das Innere der Bunsenbrenner geschieht durch Drehung eines Ringes *R*, Fig. 265, welcher durch Zapfen *n* auf die mit den Lufteinströmungsöffnungen versehenen, auf jede einzelne Brennröhre aufgeschobenen, drehbaren Ringe *h* einwirkt und die kreisförmigen Löcher von Ring und Rohr mehr oder weniger zusammenfallen macht.

Die Gasschmelzöfen von Roessler steigern die Verbrennungstemperatur dadurch, dass sie die zu den Brennern geleitete Luft vorhitzen, zu welcher Erwärmung die höhere Temperatur der Ofenwände benützt wird.*)

Für den Mitisguss, d. i. für die Herstellung kleiner Gussstücke aus geschmolzenem weichen Eisen bedient sich die Sächsische Webstuhlfabrik in Chemnitz eines eigenartigen Naphtaofens. S. Centralblatt der Bauverwaltung 1892, Nr. 21.

Für das Schmelzen von Blei, Schriftgiessermetall, Zinn u. dergl. leichtflüssigen Metallen, welche zudem die Eigenschaft haben, Eisen nicht anzugreifen, kann man sich sogenannter Kesselöfen bedienen, welche, wie Fig. 266 zeigt, aus einer eisernen Pfanne (Kessel) *K* in entsprechender Einmauerung über einem das Brennmaterial tragenden Roste *R* bestehen. Der Raum über dem Roste steht in geeigneter Verbindung mit dem Schornsteine.

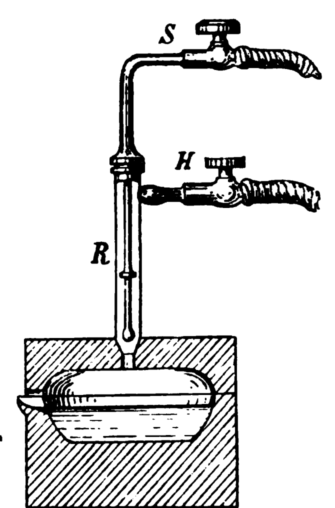


Fig. 267. Knallgasofen. *S* Sauerstoff-Zuleitungsrohr, *H* für Wasserstoff.

Zum Schmelzen des Platins bedient man sich, wenn die Schmelzung in kleinen Mengen erfolgt, eines Knallgasofens Fig. 267, welcher aus zwei entsprechend ausgeschnittenen Brocken gebrannten Kalkes besteht. Durch die Decke tritt ein Rohr *R*, welches Sauerstoff und Wasserstoff im richtigen Verhältnisse gemengt zuführt. Diese Mengung kann, wie aus der Fig. 267 ersichtlich ist, unmittelbar vor der Eintrittsstelle erfolgen, und geschieht dies der Sicherheit wegen, da das Gemenge explosibel ist.

*) Deutsche Gold- und Silber-Scheideanstalt vorm. Roessler, Frankfurt a. M. (L. Roessler, Wien, VII. Neustiftgasse 119.)

Elektrische Schmelzöfen werden zum Metallschmelzen nicht verwendet, theilweise deshalb nicht, weil Metallverdampfungen eintreten würden, theils auch aus ökonomischen Gründen. Sie werden aber zur Erzeugung von Aluminium, Carborundum, Calciumcarbid u. s. w. benützt und mag durch Fig. 268 ein elektrischer Schmelzofen nach Roessler dargestellt sein, mit welchem man mittelst eines Stromes von 60 Volt und 1000 Am-

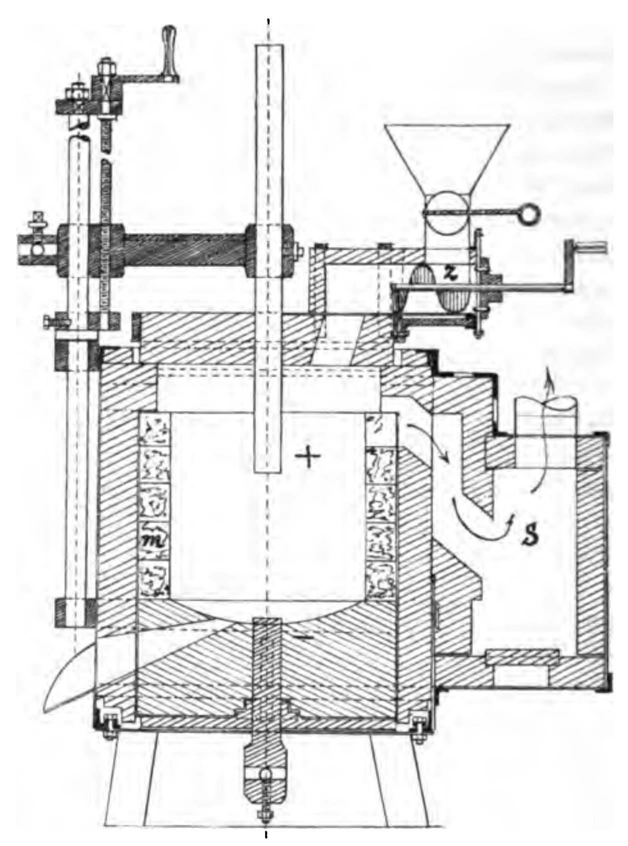


Fig. 268.
Elektrischer Schmelzofen.

père stündlich 12 *kg* Calciumcarbid herstellen kann. *Z* ist eine Zuführungsschnecke, der Raum *S* steht mit dem Schornsteine in Verbindung, der obere (+) Pol ist durch Schraube und Kurbel verstellbar.

Von der Appretur der Gussstücke.

Die Gussstücke kommen aus den Formen sammt den Angüssen, Steigröhren und Gussnähten heraus, und bedürfen einer

Appretur, welche zunächst in dem Abtrennen dieser Ansätze, meist mit dem Meissel, besteht.

Bei hohlem Eisen- und Messinggusse müssen auch die Kerne entfernt werden, eine z. B. bei Dampfcylindern recht mühsame Arbeit. (Vgl. S. 262, Fig. 230.)

Die Oberfläche der Gussstücke ist nur bei Zinn, Blei- und Zinnlegierungen u. dergl. metallisch glänzend, bei Eisen, Bronze und Messing, ja selbst bei Gold-Kupfer- und Silber-Kupferlegierungen infolge oberflächlicher Oxydation mehr oder minder schwärzlich und unscheinbar.

Bei dem gewöhnlichen Eisengusse wird die vom Sande — zuweilen unter Anwendung eines Sandstrahlgebläses (s. Schleifen) — gereinigte Oberfläche nachträglich häufig mit einem Anstriche versehen, so z. B. bei Maschinenständern. Der Messing- und Bronzeguss hingegen wird vorwaltend an seiner ganzen Oberfläche blank gearbeitet, die feineren Details oft mit Sticheln nachgraviert (ciseliert), was viel Mühe macht und den Preis der Waare wesentlich steigert. Daher erklärt es sich leicht, dass ein gegossener Messing- oder Bronzeleuchter in der Regel viel theurer ist, als ein aus Messing- oder Bronzeblech erzeugter.

Die Gold-Silberlegierungen werden meist zu Platten vergossen, aus welchen man Bleche herstellt. Figurale Gegenstände werden selten unmittelbar durch Guss hergestellt. Die beim Gusse gebildete Oxydschicht wird bei diesen Materialien häufig durch Beizen mit verdünnter Schwefelsäure entfernt.

Eine besondere, bereits auf S. 111 erwähnte wesentliche Veränderung erlangt der Eisenguss durch das Adoucieren oder Tempern, und heisst die so veränderte Waare adoucierter oder getemperter Eisenguss, häufiger noch schmiedbarer Guss oder Weichguss. Im wesentlichen ist das Adoucieren ein Glühen der Gussstücke in oxydierender Substanz. Man legt in eisernen Büchsen oder Blechkasten die zu tempernden Stücke meist in grobkörniges Pulver von Rotheisenstein oder scharf gerösteten Spatheisenstein ein, verschliesst die Büchsen und glüht sie in eigenen Oefen, je nach dem Querschnitte der Stücke mehr oder minder lang, etwa 50 bis 120 Stunden. Das zum Gusse verwendete Roheisen muss ein weisses oder zum Weisswerden geneigtes lichtgraues Roheisen sein. Durch das Glühen in oxydierender Substanz wird den Gussstücken ein grosser Theil des Kohlenstoffes entzogen und gehen sie in einen Zustand über, welcher Biegen ohne Bruch, Strecken mit dem Hammer und Schmieden zulässt, daher die Benennung schmiedbarer Eisenguss ganz zutreffend ist. Das Wort Weich-

guss ist minder bezeichnend und wird auch zuweilen zur Unterscheidung von Hartguss für den gewöhnlichen Eisenguss gebraucht. Die Bezeichnung Weichgiesserei wird wohl ausschliesslich dann gebraucht, wenn die Erzeugung schmiedbaren Gusses gemeint ist. Zahlreiche kleine Gegenstände, als Schlüssel, Schlossbestandtheile, Steigbügel, Pferdegebisse und viele Bestandstücke landwirthschaftlicher Maschinen sind schmiedbarer Eisenguss. Ihre Herstellung kommt auf diesem Wege weit billiger zu stehen, als durch Schmieden.*)

Durch entsprechende Wahl des Roheisens und sehr sorgfältiges Verfahren ist es sogar möglich, ein ziemlich gutes, stahlähnliches

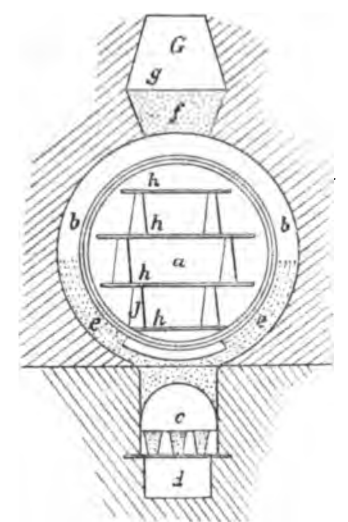


Fig. 269. Muffelofen, Querschnitt.

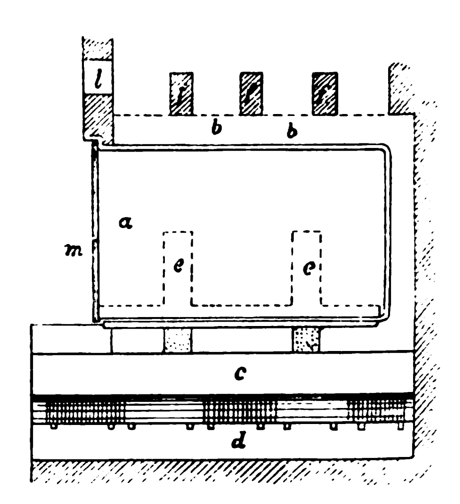


Fig. 270. Muffelofen, Längsschnitt.

Erzeugniss zu liefern, welches sich härten lässt. Besonders vorzüglicher schmiedbarer Eisenguss wird in der ehemals Fischerschen Weichgiesserei in Traisen bei St. Pölten erzeugt.

Das Emaillieren von Güssen findet beim Eisenguss, insbesondere bei dem Topfguss, zu dem Zwecke statt, die mit Email überzogenen Theile, bei Töpfen die Innenseite, gegen die Einwirkung verdünnter Säuren und vor Rostbildung oder Abnützung zu sichern. Das Email ist ein Glas, dessen wichtigster Bestandtheil Feldspath ist; es wird auf die durch Beizen rein gemachte Fläche aufgetragen und eingebrannt. Das Auftragen der Emailmasse erfolgt dadurch, dass man das feingepulverte Email in

*) Näheres s. in Rott: Die Fabrication des schmiedbaren und Tempergusses. Leipzig, Baumgärtner 1881.

Wasser zu einer dickflüssigen Masse anrührt und diese in geeigneter Weise (Eintauchen, Ausschwenken etc.) auf der zu emaillierenden Fläche aufträgt und trocknen lässt. Das Einbrennen oder Aufschmelzen der Emailmasse erfolgt durch Erhitzen im Muffelofen bis zum Flüssigwerden des Emails. Die Grösse dieser Oefen richtet sich nach der Grösse und Menge der zu emaillierenden Stücke, das Wesentliche besteht stets in einer rundum von Flammen umspülten Muffe oder Muffel aus feuerfestem Material, welche in den Ofen derart eingebaut sein muss, dass sie in ihrer ganzen Ausdehnung zu hellem Glühen gebracht werden kann. Fig. 269 und 270 stellt einen solchen zu den Gefässöfen (S. 186) gehörigen Ofen im Längs- und Querschnitte dar.

Die Muffel *a* ist in den Glühraum *b* eingesetzt und wird mittelst der Stege *e* getragen. *c* ist der Verbrennungsraum, *d* der Aschenfall, *f* Stützsteine für die Esse *g G*, die Verschlussplatte *m* mit schliessbarem Schauloche. Die Oeffnung *l* dient zur Regelung des Luftzuges. Der Rost ist länger gehalten, um im Bedarfsfalle mit Vorfeuer arbeiten zu können. Die Thonplatten *h*, auf welche die zu emaillierenden Stücke aufgesetzt werden, sind von Prismen oder Röhren *J* getragen.

Literatur. Hervorgehoben seien: Dr. Ernst Friedrich Dürre, Handbuch des Eisengiessereibetriebes. 3. Aufl. Leipzig 1892. A. Ledebur, Handbuch der Eisen- und Stahlgiesserei. 2. Aufl. Weimar 1892.

2. Abschnitt.

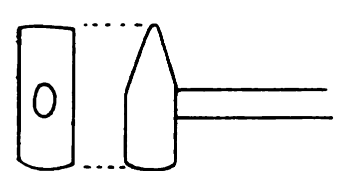
Hammerarbeit und Schmieden.

Unter Hammerarbeit verstehen wir die Bearbeitung bildsamer Metalle bei gewöhnlicher Temperatur mittelst des Hammers, unter Schmieden die analoge Bearbeitung glühenden Metalls, insbesondere des glühenden Eisens.

Das uralte Werkzeug, der Hammer, wird in verschiedenen Formen und Grössen verwendet. Das Arbeitsstück ruht bei der Hammerarbeit wie beim Schmieden gewöhnlich auf einer festen Unterlage, dem Amboss oder Ambos, dessen Gestalt gleichfalls sehr verschieden sein kann, beziehungsweise der Art der Arbeit nach sehr verschieden sein muss.

Die durch die Muskelthätigkeit des Arbeiters im Hammer angesammelte lebendige Kraft oder mechanische Arbeit kommt in

der sehr kurzen Zeit (s. S. 40), in welcher der Hammer bei dem einzelnen Schlage auf das Arbeitsstück formändernd einwirkt, als sehr hoher specifischer Druck zur Wirkung und bewirkt im Material Verschiebungen der Massentheilchen, zu welchen man ohne Stosswirkung, also bei ruhigem Drucke, ausserordentlich kräftige Pressen benöthigen würde, und insoweit man sie bei dem Pressschmieden wirklich anwendet, auch gebrauchen muss.


Fig. 271. Schmiedehammer.

Der Hammer ist durch seine Stosswirkung das einfachste Mittel Formänderungen zu erzielen, welche sonst nur bei sehr hohen Pressungen erfolgen.

Der Hammer, dessen gewöhnlichste Gestalt durch Fig. 271 dargestellt ist, besteht aus einem durchlochten Stahlstück, dessen breite Endfläche die Bahn, dessen schmale Endfläche die Finne des Hammers heisst. In das Loch wird der Stiel eingeschoben und gut verkeilt.

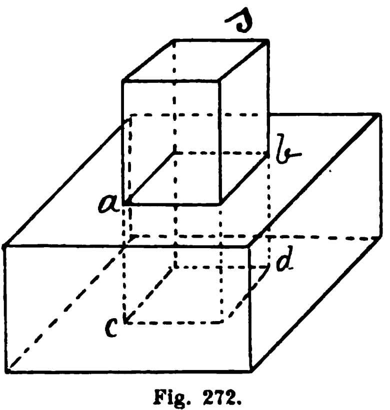


Fig. 272.

Ist die Bahn des Hammers eine Ebene, so baut sich beim Schlage unter derselben ein Materialkegel auf, welcher in das übrige Material eindringt, wie dies nach dem auf S. 13, 15 und 18 Gesagten bekannt ist. Wäre das bearbeitete Material spröde,*) so würde der eindringende Keil es theilen; ist es bildsam, so bewirkt er weiterfortschreitende Material- oder Schichtenverschiebungen (s. S. 13 und 14).

*) Nicht die Grösse des zu zerkleinernden Stückes ist für die aufzuwendende Pressung besonders massgebend, sondern vielmehr die Druckfestigkeit des unmittelbar gedrückten Theiles. Bauschinger hat gefunden, dass bei ungleichförmig vertheiltem Druck der Bruch an den gefährlichsten Stellen beginnt, wenn die Druckspannung **daselbst** jenen Werth erreicht, bei welchem bei gleichmässig vertheilter Belastung der Bruch erfolgt. — Dieser wichtige Satz ist aus einer grösseren Zahl von Versuchen abgeleitet und soll an einem Beispiele besonders ausgeführt werden. Setzt man auf das Steinprisma P, Fig. 272, das Druckstück s, so erfolgt der Bruch bei derselben Pressung, bei welcher jenes Steinprisma zum Bruche gelangen würde, welches der Grundfläche des Aufsatzstückes s entspricht und welches

Ist die Hammerbahn nicht eben sondern convex, so erfolgt das Eindringen des Hammers in das Material leichter (vgl. Fig. 14, S. 14) und die seitliche Verschiebung der Massentheilchen wird bei gleicher Schlagstärke bedeutender.

Der Amboss als Gegenstütze wirkt ganz ähnlich, wenn die Masse des Arbeitsstückes im Verhältnisse zur Masse des Hammers keine allzu grosse ist. Die obere Fläche des Ambosses dringt dann nahezu ebenso in das Arbeitsstück ein wie die des Hammers, wenn sie an Form und Grösse der Hammerbahn gleich ist und das Arbeitsstück nicht, wie bei glühendem Eisen, infolge von Wärmeentziehung durch den Amboss örtlich widerstandsfähiger geworden ist.

Ist hingegen das Arbeitsstück bedeutend voluminöser als der Hammer und schwer bildsam, wie z. B. kaltes Eisen, dann bewirken die Hammerschläge keine durchgreifende Verschiebung der Massentheilchen; die Einwirkung des Hammers erstreckt sich dann nur auf die der Schlagstelle nahen Massentheilchen und in diesen können dann ganz örtliche Spannungen entstehen. So erklärt es sich, dass Wellen, welche mittelst kleiner Hämmer gerade gerichtet worden sind, wieder krumm werden, wenn man sie auf die Drehbank bringt und die äusseren in Spannung versetzten Schichten abdreht. Bei Anwendung von ruhigem Druck ist Aehnliches nicht möglich, weil bei diesem die Pressung stets Zeit findet, im Material sich fortzupflanzen, wodurch dieses als Ganzes an der Einwirkung theilnimmt.

Die Hammerarbeit findet auf dicke Stücke bildsamer Metalle, weil dieselben bei gewöhnlicher Temperatur der Verschiebung ihrer Massentheilchen einen zu hohen Widerstand entgegensetzen, wenig Anwendung; man macht hingegen von derselben zur Gestaltänderung von Blechen einen sehr ausgiebigen Gebrauch und fasst diese Arbeiten unter der Benennung Treiben oder Treibarbeiten zusammen. Im engeren Wortsinne versteht man unter Treiben die Bildung einer Hohlform aus einer ebenen Blechscheibe.

---

in der Figur durch Punktierung angedeutet ist. Das Material, welches jenes Prisma *bcd* umgibt, hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Druckfestigkeit. Die zum Absprengen des umgebenden Materials erforderliche Kraft ist so gering gegenüber der zum Zerdrücken erforderlichen, dass sie bei den Verhältnissen des Versuches gar nicht in Betracht kommt; und das ist bei Berücksichtigung der geringen Zugfestigkeit solchen Materials auch erklärlich. Dieses Ergebniss erklärt es, warum zum Zerschlagen sehr harter Steine kleine Hämmer mit stark convexen Bahnen Anwendung finden. Hierdurch wird die Fläche *ab* klein und braucht durch den Schlag nur die Druckfestigkeit eines sehr kleinen Prismas überwunden zu werden.

Treibarbeiten.

Wird ein kreisrund zugeschnittenes Blech auf einen ebenen Amboss gelegt und gehalten und allmählich am Rande rundum durch Hammerschläge gestreckt, so wird infolge der Streckung des Randes ein Aufsteigen desselben aus der Ebene der Scheibe

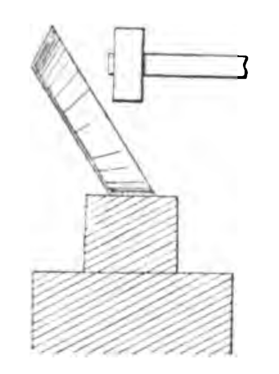


Fig. 273. Das Aufziehen.

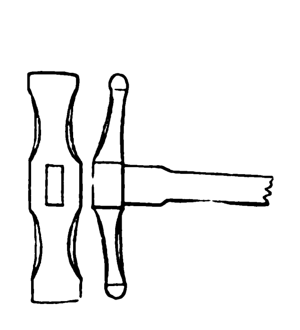


Fig. 274. Aufziehhammer.

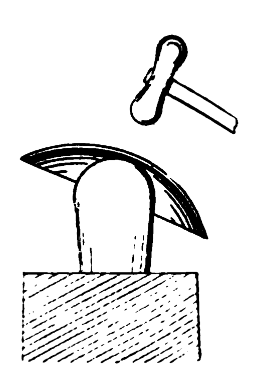


Fig. 275. Das Austiefen.

eintreten und bei dem weiteren Fortschreiten der Arbeit wird man mehr und mehr das Blech derart schräg auf dem Ambosse auflegen müssen, dass nur jener Randtheil, welcher soeben vom

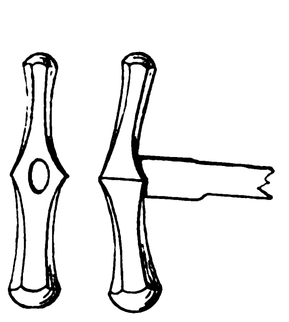




Fig. 276. Treibhammer.

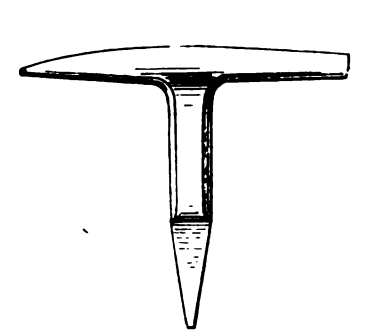


Fig. 277. Schweifstock.

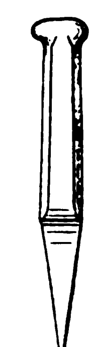


Fig. 278. Faust.

Hammer getroffen werden soll, seine Stützung findet, wie dies Fig. 273 darstellt. Diese Arbeit heisst aufziehen. Der Hammer, welcher zu dieser Arbeit vortheilhaft Anwendung findet, wird eine schmale, stark gekrümmte Endfläche haben müssen, gleichsam nur Finne, und ist derselbe — Aufziehhammer genannt — durch Fig. 274 dargestellt.

Wählt man hingegen einen stark convexen Amboss und einen ähnlichen Hammer, und bearbeitet man eine Blechscheibe von der Mitte gegen aussen derart, dass die einzelnen Punkte, auf welche der Hammer trifft, in einer Spirale mit sehr engen Windungen liegen, so geht die ebene Blechplatte allmählich in die Gestalt einer Kugelschale über und bei weiterer entsprechender Fortsetzung der Arbeit wird das Gefäss mehr und mehr vertieft.

Diese Arbeit, austiefen genannt, ist durch Fig. 275 gekennzeichnet und der hierzu verwendete Treibhammer durch Fig. 276.

Sollen diese Arbeiten zu regelmässigen Formen führen, so müssen die Bleche sehr gleichförmigen, zähen Materials — gut treibbar — sein, die Anwendung der einfachen Werkzeuge muss

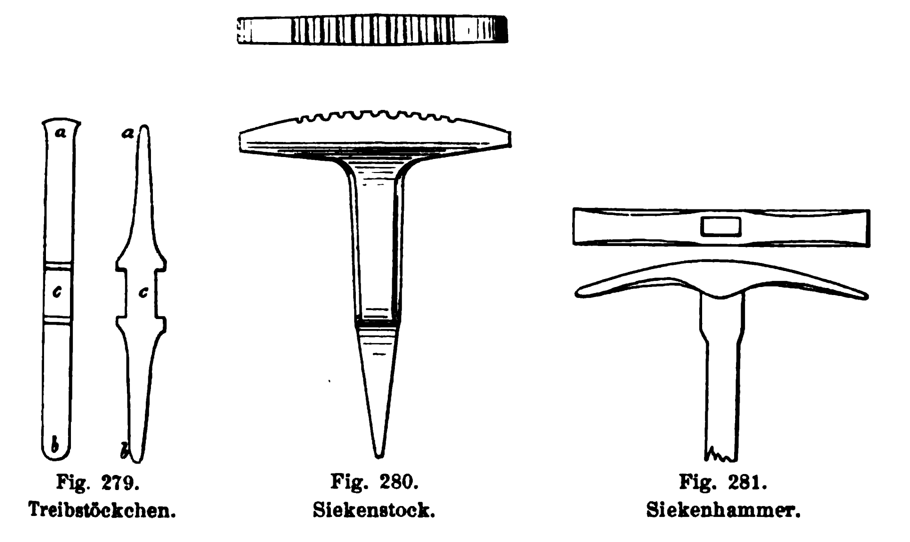


Fig. 279. Treibstöckchen. Fig. 280. Siekenstock. Fig. 281. Siekenhammer.

mit ausserordentlicher Geschicklichkeit erfolgen und die durch die Arbeit in das Blech kommenden Spannungen müssen durch zeitweiliges Ausglühen entfernt werden.

Treibbleche werden jene zähen Bleche genannt, welche sich zur Treibarbeit besonders eignen. Insbesondere liefert reines Kupfer solche Bleche und werden dieselben durch die Kupferschmiede zu den mannigfachsten Formen verarbeitet. Der Kupferschmied ist mit Recht stolz auf sein Gewerbe, welches er eine Kunst nennt.

Ausser den oben besprochenen Arbeiten des Aufziehens und Austiefens, welche auch an demselben Stücke bei vielgestaltiger Form in mannigfachem Wechsel zur Anwendung kommen können, werden mit Hammer und Amboss den Arbeitsstücken noch die

mannigfachsten Biegungen gegeben. Die Mannigfaltigkeit der Arbeiten des Kupferschmiedes, des Gold- und Silberarbeiters bedingen auch sehr mannigfach geformte Hämmer und Ambosse. So zeigt Fig. 277 den Schweifstock, Fig. 278 die Faust, Fig. 279 das Treibstöckchen.

Die Figuren 280 und 281 zeigen den sogenannten Siekenstock und Siekenhammer, mittelst welcher wellenförmige Vertiefungen, beziehungsweise Erhöhungen in das Blech oder die Blechhohlform geschlagen werden können. Für je zwei verschieden grosse Rillen des Siekenstockes genügt ein Siekenhammer, dessen finneartige Bahnen zu den Rillen oder Furchen des Siekenstockes passen müssen. Die hier angeführten Werkzeuge sind nur als einige Beispiele aufzufassen.

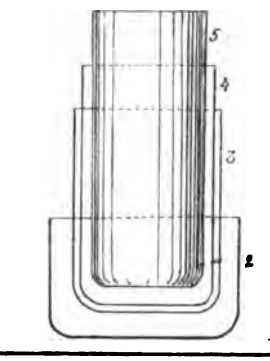


Fig. 282. Uebergangsformen beim Treiben.

Durch entsprechende Fortsetzung der in Fig. 275 gekennzeichneten Arbeit des Austiefens ist man im stande, bei öfterem Ausglühen und unter Anwendung geeigneter Ambosse allmählich Hohlformen wachsender Tiefe zu erzeugen, wie solche Fig. 282 zeigt, welcher Figur wir später beim Stanzen wieder begegnen werden.

Denkt man sich von einer dieser Hohlformen, z. B. der letzten, den Boden weggeschnitten, so hat man aus der ebenen Blechscheibe ein Rohr getrieben. Dieses lässt sich über einen starren Arm mit eingesetzter kurzer Faust oder über ein entsprechend geformtes Fausteisen schieben und nun kann man aus dem Rohre an beliebiger Stelle eine Beule austreiben; man kann, mit dem Hammer stets von aussen arbeitend, diese Beule wieder nach Art der in Fig. 282 gezeichneten Hohlformen allmählich weiterbilden, endlich die Kappe des so entstandenen Rohrzweiges abschneiden und hat ein Hauptrohr mit seitlicher Abzweigung aus einem Stücke erhalten.

Dass solche Arbeiten nicht nur hohe Geschicklichkeit, sondern auch sehr viel Zeit erfordern, ist wohl begreiflich, nicht nur des öfteren Ausglühens wegen, sondern auch darum, weil ein einziger zu stark oder fehlerhaft geführter Schlag ein Reissen des Werkstückes (unganzschlagen) bewirken kann.

Treibarbeit wird auch zu mannigfacher Kunstarbeit verwendet. Der Kunstschlosser treibt Ranken und Laubwerk, letzteres meist auf einer Bleiplatte als Unterlage, und verbindet

die getriebenen Theile durch Schweissen, Löthen, Nieten zu einem Ganzen. Der Gold- und Silberarbeiter treibt aus Silberblech, welches auf dem Treibpeche, einer aus Pech- und Ziegelmehl gebildeten Masse aufgekittet ist, mittelst kleiner, stählerner Werkzeuge, Punzen, die mannigfachsten Figuren.

Das Treibpech wird durch Erwärmen weich und gestattet den zu treibenden Gegenstand bald mit der Bildseite, bald mit der Gegenseite aufzukitten. Hierdurch kann abwechselnd von beiden Seiten getrieben werden; man wendet das Treibpech gern als kugeligen Klumpen oder eingegossen in eine hohle Halbkugel an, um den aufgekitteten Gegenstand bequem in verschiedene Lagen bringen zu können. Hierfür ist die Benennung Treibkugel gebräuchlich.

Die Punzen sind kleine Stahlstäbchen, deren verjüngtes Ende kugelig, ellipsoidisch oder eben ist, oder in eine scharfe oder abgerundete Schneide oder Spitze endigen kann, je nachdem es die Wirkung erfordert, welche man hervorbringen will. Die Punzen können an ihrer Endfläche auch in die verschiedensten Figuren (Buchstaben, Ziffern etc.) auslaufen und kann man mit ihnen in dem zu treibenden Bleche die entsprechenden figuralen Eindrücke erzielen. Zur Vollendung solcher Arbeiten werden auch schneidende Werkzeuge — Stichel — verwendet und bezeichnet man die Verbindung von Treib- und Grabstichelarbeit durch den Ausdruck Ciselieren.

Vom Schmieden.

Das Sprichwort „man muss das Eisen schmieden, so lange es heiss ist" sagt in Kürze, dass die Formänderung glühenden Eisens wesentlich leichter erzielt wird, als die des kalten. Helle Rothglut ist die richtige Temperatur fürs Schmieden, bei dieser wird kaum ein Sechstheil der Arbeit benöthigt,*) welche bei gewöhnlicher Temperatur erforderlich wäre. Sinkt die Temperatur auf 200 bis 300°, die sogenannte Blauhitze, bei welcher selbst im Finstern ein Erglühen nicht wahrnehmbar ist, so befindet sich das Eisen in einem Zustande, bei welchem es Biegungen weniger verträgt, mithin brüchiger ist als im kalten Zustande. Der Schmied vermeidet daher die Blauhitze, er wirkt gestaltend nur so lange ein, als noch ein, wenn auch schwaches Glühen wahrnehmbar ist. Die Gestalt des gewöhnlichen Schmiedehammers wurde bereits in Fig. 271 gegeben. Vielmal schwerer ist der sogenannte Zuschlaghammer, mit welchem der Zuschläger das Schmiedestück dort bearbeitet, wo der vom Meister mit dem Schmiedehammer geführte Schlag

*) Vgl. die Tabelle S. 33.

hingewiesen. Zuweilen werden Zuschlaghämmer benützt, deren Finne parallel zum Stiele liegt, diese heissen Kreuzschlag. Der Meister gibt den Zuschlägern den Takt an, indem er mit dem Schmiedehammer zunächst einige Schläge auf den Amboss führt, und weist im Takte mitarbeitend stets die Stelle an, wohin die schweren Schläge zu führen sind. Der Schmiedeamboss weist gewöhnlich die in Fig. 283 dargestellte Form auf. Die obere Fläche ist bis zum kegelförmigen Ansatze — Horn *h* — eben. In der Ambossbahn *b* befindet sich bei *l* das Ambossloch, in welches Werkzeuge (Abschrot, Untergesenke, Dorne etc.) eingesetzt werden können.

Die einfachsten Arbeiten des Schmiedes sind das Strecken, Stauchen, Absetzen, Abhauen, Aufhauen, Biegen, Lochen, Schweissen und Schmieden im Gesenk.*)

Das Strecken ist die Verlängerung eines Stabes bei gleich-

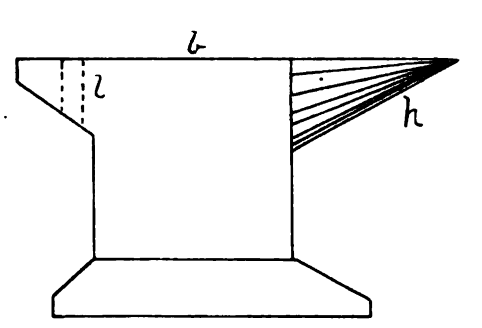




Fig. 283. Schmiedeamboss.

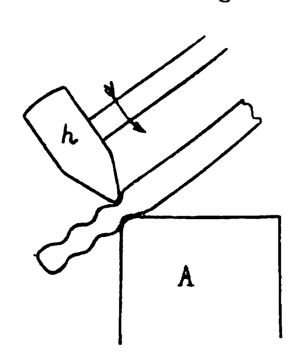


Fig. 284. Strecken.

zeitiger Abnahme des Querschnittes. Ist das Werkstück, z. B. ein Flachstab, auf den Amboss aufgelegt und wird normal darauf mit dem Schmiedehammer geschlagen, so erfolgt sowohl eine Längen- als Breitenstreckung, weil das unter der Hammerbahn befindliche, durch den Schlag gepresste Material nach allen Richtungen ausweicht. Die Vermehrung der Breite wird durch Drehung des Stabes um 90° und neuerlichen Schlag behoben, so dass bei fortgesetztem Schlagen und Wenden schliesslich nur eine Streckung resultiert. Je schmäler die Hammer- und Ambossbahn, desto intensiver die Streckung. Arbeitet man mit der Finne des Hammers gegen das auf die Ambosskante gelegte Stück, so wird der Stab zwar wellig, wie Fig. 284 zeigt, doch lassen sich diese Wellen durch späteres Ueberhämmern mit breiter Hammerbahn leicht entfernen; der Stab wird auf diese Weise rasch gestreckt.

*) Nach Wiebe's Maschinenkunde.

Das Stauchen ist wohl dem Strecken entgegengesetzt, doch kann man einen längeren glühenden Stab durch Schläge nie gleichmässig verkürzen; man würde ihn knicken. Wird hingegen nur ein kurzes Stück des Stabes glühend gemacht und derselbe dann in der Längsrichtung gegen einen Eisenklotz oder gegen den Amboss gestossen oder wird der Stab unterstützt und auf ihn in der Richtung seiner Länge geschlagen, dann staucht (verdickt) er sich an der glühenden und daher weicheren Stelle (Fig. 285).

Das Absetzen bezweckt eine örtliche Abnahme der Dicke des Stabes und bedient man sich hierzu gewöhnlich des Setzhammers, welchen der Schmied hält, während der Zuschläger denselben eintreibt (Fig. 286). Die Bahn des Setzhammers wird je nach der be-

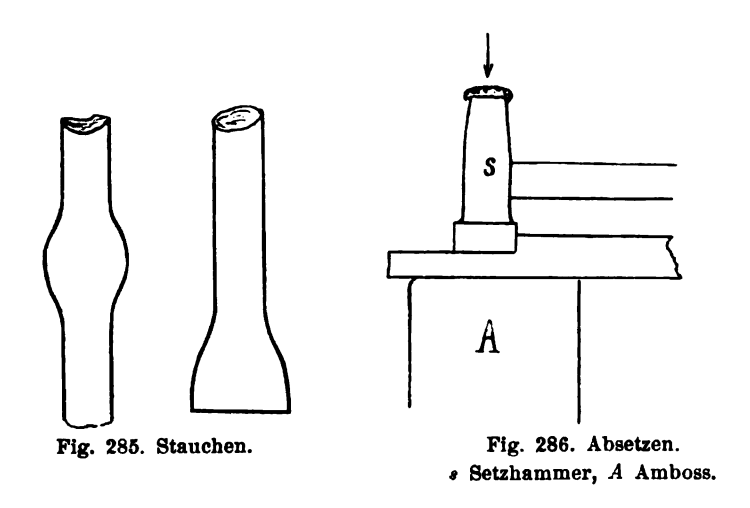


Fig. 285. Stauchen.

Fig. 286. Absetzen. *s* Setzhammer, *A* Amboss.

absichtigten Wirkung eine ebene oder gekrümmte sein können. In diesem Falle ist der Setzhammer das Werkzeug, der Zuschlaghammer das Triebzeug.*)

---

*) Prof. Hartig definiert diese Begriffe wie folgt: „Werkzeug ist ein körperliches lebloses Gebilde welches an einem anderen Körper (Werkstoff, Werkstück). denselben berührend, dessen Gebrauchswerth unter Umsetzung mechanischer Arbeit abändern hilft, ohne hierbei im Werkstücke selbst aufzugehen oder auf andere Art zu fortgesetzter Bethätigung unfähig zu werden."

„Triebzeug ist ein lebloses körperliches Gebilde, welches von einem dasselbe berührenden überflüssig energiebegabten anderen Körper mechanische Arbeit unter Ausführung solcher Bewegungen empfängt, die zur Bethätigung eines Werkzeuges geeignet und bestimmt sind."

Nach diesen Begriffsbestimmungen sollten Mittel zum Messen und zum Festhalten nicht Werkzeuge, sondern etwa Hilfszeuge genannt werden.

Das Abhauen geschieht zumeist in der Weise, dass man das abzuhauende glühende Stück auf den in das Ambossloch gesteckten Abschrot, Fig. 287, legt, den Setzmeissel, Fig. 288, aufsetzt und mit dem Hammer eintreibt. Bei diesem Vorgange (s. Fig. 289) drücken sich die Schneiden beider Werkzeuge so tief in das Arbeitsstück ein, dass es nahezu getheilt ist und über der Ambosskante leicht völlig gebrochen werden kann.

Das Aufhauen erfolgt gewöhnlich nur mittelst des Setz-

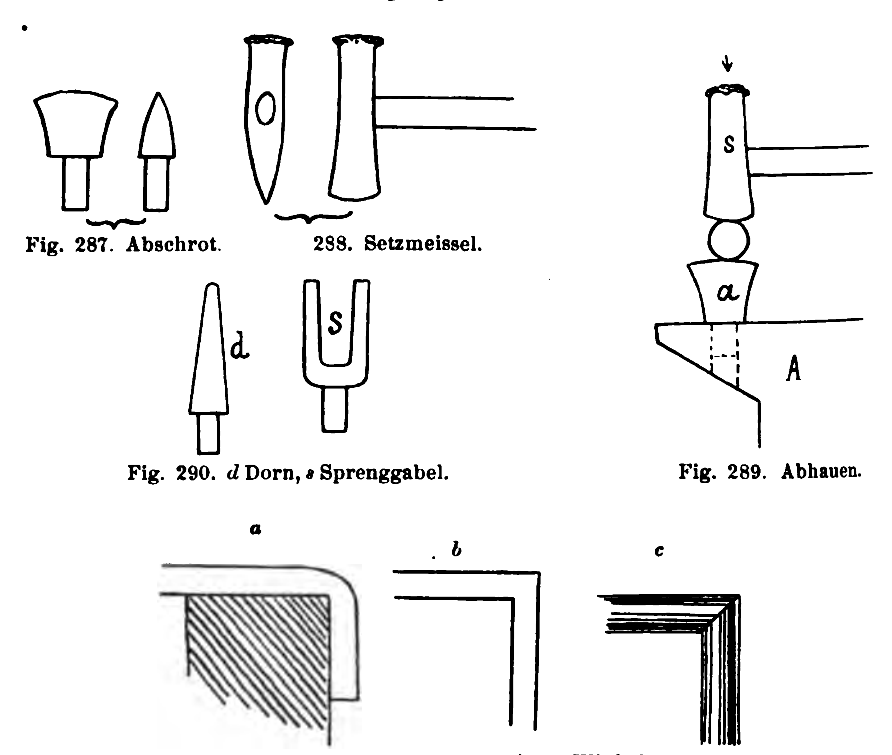


Fig. 287. Abschrot. 288. Setzmeissel.

Fig. 290. *d* Dorn, *s* Sprenggabel.

Fig. 289. Abhauen.

Fig. 291. Biegen im rechten Winkel.

meissels, indem man mit ihm einen Einschnitt (Kerbe) in das glühende Stück treibt. Arbeitet man zuerst von der einen, hierauf von der zweiten Seite, so ist es möglich, eine Spalte herzustellen ohne die Setzmeisselschneide am Amboss zu beschädigen. In den so hergestellten Schlitz kann ein konischer Dorn eingetrieben werden. (Vgl. die Aufhau- und Lochprobe, S. 117.)

Das Biegen kann um die Ambosskante, um das Horn des Ambosses und um Dorne erfolgen, welche mit einem viereckigen Zapfen in das Ambossloch eingesetzt werden. S-förmige Biegungen werden mit Zuhilfenahme der Sprenggabel ausgeführt (s. Fig. 290).

Bei allen diesen Biegungen, welche meist durch Zuhilfenahme des Hammers erfolgen, findet an der äusseren (convexen) Seite der Bugstelle ein Strecken, an der concaven Seite ein Stauchen des Materials statt. Eine correct rechtwinkelige Biegung kann auf diesem Wege nicht erhalten werden, vielmehr wird stets die Form Fig. 291 *a*, nicht die Form Fig. 291 *b* oder *c* entstehen. Um letztere zu erlangen, ist es nöthig, zunächst durch Stauchen oder Absetzen an der Biegungsstelle eine grössere Materialmenge zu sammeln, damit der Querschnitt an der Biegungsstelle möglichst jenem gleich wird, welchen der Stab ursprünglich besass; sodann aber ist die exacte Form durch Schmieden im Gesenke, von welchem wir später sprechen, auszubilden.

Das Lochen eines Flacheisens macht der Schmied gewöhnlich mit dem Stieldurchschlag, Fig. 292, indem er das glühende Eisen auf den Amboss so auflegt, dass die zu lochende Stelle über

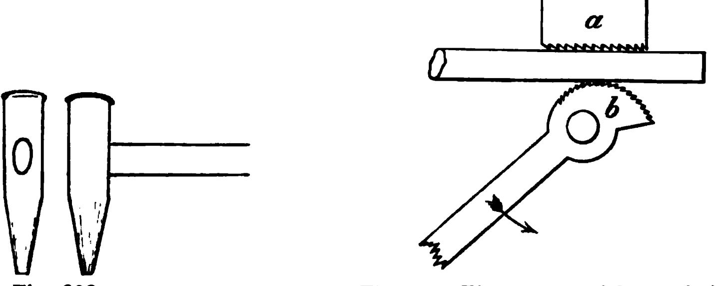


Fig. 292. Stieldurchschlag.

Fig. 293. Einspannvorrichtung bei der Schweissmaschine.

dem Ambossloche liegt; er setzt den Stieldurchschlag auf und der Zuschläger treibt denselben durch. Da die Endfläche, sowie der Querschnitt des Stieldurchschlages kreisrund, quadratisch, rechteckig u. s. w. sein kann, so wird auch die Gestalt des Loches dem Durchschlage entsprechend geformt sein. Der Durchschlag treibt eine seiner Endfläche entsprechende Materialpartie aus, welche durch das Ambossloch fällt.

Das Schweissen (vgl. S. 125) erfolgt gewöhnlich durch Aufeinanderlegen der entsprechend vorgearbeiteten, im Schmiedefeuer zur Schweisshitze gebrachten Enden der zu verbindenden Stücke. Es ist hierbei stets das Zusammenwirken zweier Personen erforderlich. Der Schmied fasst das eine Stück mit der linken Hand, hält es auf den Amboss, zur gleichen Zeit wird das zweite Stück vom Hilfsarbeiter auf das erste gelegt und sofort vom Schmiede mit dem Hammer bearbeitet, und zwar gewöhnlich anfangs mit leichten, später, unter Wenden des Stückes, mit kräftigen Schlägen. Der

ganze Vorgang erfolgt sehr rasch und erfordert bedeutende Uebung. Tadellose Schweissung ist jene, bei welcher die Schweissstelle die Festigkeit der umgebenden Materialtheile besitzt.

Am sichersten erfolgt die Schweissung des durch Frischen oder Puddeln gewonnenen Schweisseisens; das Flusseisen schweisst schwieriger. Da es schwierig, ja oft unmöglich ist, ohne schädliche Inanspruchnahme von der Güte einer Schweissung sich zu überzeugen, so sucht man diese Verbindungsweise nach Möglichkeit zu vermeiden. So werden z. B. die Tyres oder Bandagen, das sind jene Stahlreifen, welche auf die Räder der Locomotiven und vieler Waggons aufgezogen werden, ohne Schweissung hergestellt.

Statt der Verschweissung verjüngt zugearbeiteter oder ineinander gesteckter Stäbe wendet man bei grösseren Kalibern auch stumpfe Schweissung an. Um diese zu bewirken, staucht man zunächst die Stangenenden, macht dieselben dann schweisswarm und drückt sie mittelst der sogenannten Schweissmaschine fest gegeneinander. Diese Maschine besteht aus zwei zangenartigen Vorrichtungen, wie Fig. 293 eine solche darstellt. Der excentrische Backen *b* drückt das Schmiedestück fest gegen *a* und hält dasselbe fest. Die zweite Zange gleicher Construction ist symmetrisch auf einer mittelst Schraube verschiebbaren Platte montiert, welche sofort nach dem Einklemmen (von rechts) gegen die erste Zange verschoben wird. Erfolgt der Druck der schweissheissen Stangenenden gegeneinander, so schliessen die excentrischen Backen nur um so fester und die Schweissung erfolgt gut. Die Form der Backen *a* gestattet das Einlegen in ganz bestimmter Höhe, so dass die Achsen beider Stangen in eine Gerade fallen.

Das Schweissen von Stahl auf Stahl oder Stahl auf Eisen erfordert nach F. Reiser die grösste Vorsicht, da hier mehrere und verschiedene Hitzen angewendet werden müssen. Die Temperatur, bei welcher Stahl schweissbar ist, ist eine weit niedrigere als bei Eisen — und je niedriger diese Temperatur ist, also je höher der Kohlenstoffgehalt, desto schwerer ist der Stahl schweissbar. Im allgemeinen liegt die richtige Schweisstemperatur für harten Stahl bei beginnender Gelbglut, für mittelharten und weichen Stahl bei Gelbglut bis matter Weissglut. Wenn der Stahl beim Herausnehmen aus dem Feuer Funken sprüht, so ist er verbrannt. Von allen kohlenstoffreichen Stahlgattungen ist der Gussstahl am schwersten schweissbar, da er eben in flüssigem Zustande gewesen ist, mithin jeder sehnigen Textur entbehrt. Als Mittel gegen die Oxydierung wird hier mit Vortheil ein Gemenge von Borax mit Salmiak im Verhältniss von 16 : 1 verwendet.

Wenn zwei Stahlstücke mit ihren Enden zusammenzuschweissen sind, so gibt man denselben die Form eines halben Keiles, so dass die schiefen Ebenen beider Keile beim Schweissen aufeinander, ihre geraden Flächen aber nach aussen zu liegen kommen. Auch versieht man wohl die schiefen Ebenen der Keile der Quere nach mit einer Rippe beziehungsweise Kerbe, welche genau ineinander passen, und welche verhüten, dass die beiden Enden unter den Hammerstreichen im Momente der Schweissung in der Längsrichtung auseinander gleiten. Noch besser ist es, das eine Ende zu gabeln, das andere aber keilförmig zuzurichten, so dass die Enden ineinander gesteckt werden können.

Beim Zusammenschweissen von Schmiedeeisen und Stahl ist zu beachten, dass die Schweisstemperatur des Eisens höher gelegen ist als jene des Stahles; man legt daher den Stahl später ins Feuer als das Eisen. Man benützt wohl auch verschiedene Feuer für beide, und erhitzt den Stahl in einem Holzkohlenfeuer, das Eisen in einem Coaksfeuer, welch letzteres eine intensivere Hitze entwickelt als das Holzkohlenfeuer. Bei Verwendung schwefelhaltiger Steinkohlen beeinträchtigt das auf der Schweissstelle sich bildende Schwefeleisen die Schweissung.

Der Vorgang beim Schweissen von Stahl auf Eisen ist im übrigen der Hauptsache nach der gleiche wie beim Schweissen von Stahl auf Stahl. Wenn zwei dickere Enden zusammengeschweisst werden sollen, so empfiehlt sich auch hier, das Eisen gabelförmig zu schlitzen, und den keilförmig zugeschmiedeten Stahl in die Spalte zu legen. Dies ist die Methode, wie z. B. die Finne eines Hammers, oder die Schneide einer Axt verstählt wird.

Bei grossen Wellen aus Eisen wird nach Haswell die Schweissung gewöhnlich theilweise schon im Feuer vorgenommen. Aus dem einen Ende des cylindrischen Theiles wird mittelst Schrotmeissels ein keilförmiges Stück herausgenommen, während durch Hämmern der andere Theil keilförmig zugespitzt wird, so dass beide Theile ineinander passen, in welcher Lage sie dann ins Schmiedefeuer gelegt werden. Ist die Schweisshitze erlangt, so wird durch Schläge auf das Ende eines der Wellentheile mittelst schwerer Hämmer oder durch Schläge mit einem an einer Kette aufgehängten Eisenklotz, während an dem anderen Ende der Welle durch Arbeiter ein Stück schweres Eisen gegengedrückt wird, die theilweise Schweissung vorgenommen. Es geschieht dies beim vollen Gange des Feuers. Hierauf wird die Welle aus dem Feuer entfernt und am Amboss fertig geschweisst. Auf diese Weise wird viel

Arbeit gegenüber dem Schweissen von schiefen Flächen erspart und ist die erlangte Schweissung auch eine bessere.

Das Schmieden im Gesenke. Diese Schmiedearbeit gestattet die Herstellung exacter Formen dadurch, dass das glühende Eisen zwischen zwei vertieften Stahlstücken, dem Ober- und Untergesenke, bearbeitet wird. Das Untergesenk wird in das Ambossloch eingesetzt, auf dieses kommt das Schmiedestück und darauf wird das Obergesenk gegeben, welches mit dem Zuschlaghammer angetrieben wird.

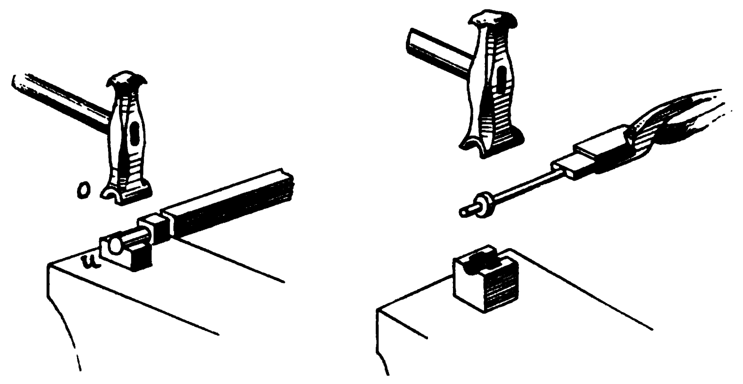


Fig. 294 und 295. Schmieden im Gesenke.

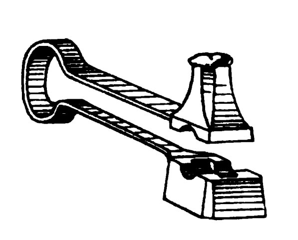




Fig. 296. Gesenkkluppe.

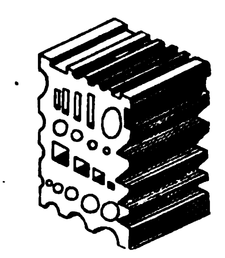


Fig. 297. Gesenkstock.

Die vorstehenden Fig. 294 und 295 zeigen Beispiele dieser Arbeit, welche wohl keiner weiteren Erklärung bedürfen.

Fig. 296 stellt eine Gesenkkluppe dar, bei welcher das Ober- und Untergesenk durch einen Federbügel verbunden ist.

Fig. 297 zeigt einen sogenannten Gesenkstock, einen massigen Gusseisenblock, welcher an seinen Seitenflächen verschiedene als Untergesenke verwendbare Furchen aufweist, während die Durchbrechungen des Gesenkstockes bei anderer Lage desselben für Zwecke des Lochens Verwendung finden können.

Sehr häufig werden die Gesenke zur Herstellung façonnierter Stäbchen benützt, wobei das im Gesenke auszubildende Schmiedestück durch Stauchen und Strecken beiläufig vorgearbeitet sein muss.

Die Herstellung der Gesenke erfolgt häufig dadurch, dass man sich aus Stahl auf der Drehbank oder durch Feilarbeit ein Musterstück (Modell) herstellt. Man macht nun das im Rohen vorgearbeitete Unter- und Obergesenk hellroth glühend, setzt ersteres in das Ambossloch, darauf das Modell, auf dieses das glühende Obergesenk und schlägt mit dem Zuschlaghammer auf, wodurch sich das Modell in beide Gesenke eindrückt.

Dieses Eindrücken soll bei Rotationsformen nicht bis zum Mittelschnitte erfolgen. Die Vertiefungen in beiden Gesenken sollen nur je ein Segment des Modelles umfassen, weil bei der späteren Verwendung der Gesenke das Schmiedestück im Gesenke während der Bearbeitung gedreht werden muss, was der sonst entstehende Bart hindern würde.

Combinierte Schmiedearbeiten.

Die vorbenannten einfachen Operationen lassen sich in der mannigfachsten Weise dem speciellen Zwecke entsprechend anwenden.

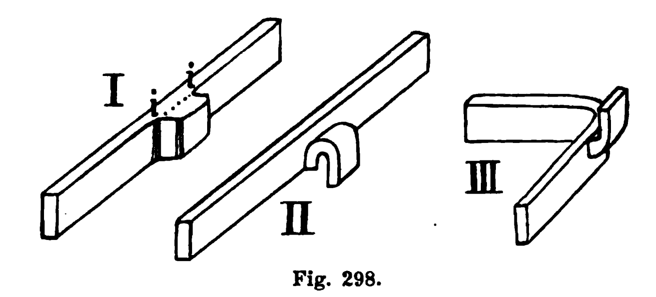


Fig. 298.

Soll z. B. aus einem Quadratstabe ein Verschlusshaken mit Anschlagschiene gebildet werden, so wird zunächst das Quadrateisen nach dem Verfahren des Absetzens in die Form I, Fig. 298, gebracht. Der so gebildete Ansatz wird nach *ii* mittelst des Setzmeissels auf etwa $^3/_5$ der Höhe eingehauen und hierauf der Ansatz nach II zu einem Haken umgebogen; dieser Haken wird nach neuerlichem Glühendmachen in die Form III gebracht und schliesslich die Schiene abgebogen. In dieser Weise wird sich die Arbeit nur bei sehr weichem Martinflusseisen durchführen lassen, bei gewöhnlichem Schweisseisen wird sich der Haken in der angegebenen Weise ohne Gefahr für das Einreissen nicht herstellen lassen; bei diesem Material würde man den Haken anschweissen, was eine minder verlässliche Verbindung liefert.

Zur Herstellung eines Nagels verwendet man das sehr zähe Knopperneisen, welches in Gestalt ziemlich dünner, im Querschnitt quadratischer knopperiger (welliger) Stäbe im Handel vorkommt. Das Stabende wird glühend gemacht und unter Wenden um 90° (nach jedem Schlage) zu einer Spitze ausgetrieben. Hierauf am Abschrot eingehauen, abgebrochen, in das mit entsprechendem Loche versehene Nageleisen gesteckt und der Kopf angestaucht. All dies hat in einer Hitze, mithin ohne neuerliches Anwärmen zu erfolgen.

Der Schmiedebeispiele liessen sich zahllose geben; die Beobachtung des Arbeitsvorganges in Schmieden ist diesbezüglich lehrreicher und wird jeden Beobachter zur Werthschätzung dieses

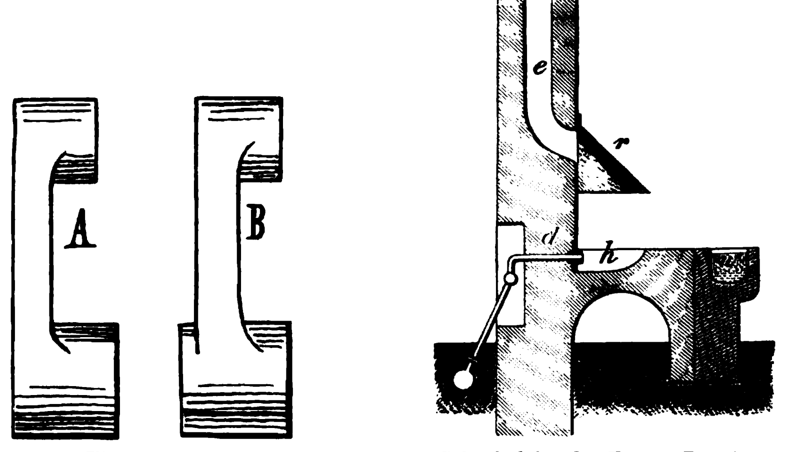


Fig. 299. Fig. 300. Schmiedeherd. *e* Esse, *r* Rauchmantel.

schönen Handwerkes führen, bei welchem wohlangebrachte Kraft, rasche Auffassung und schnelles Handeln Bedingungen für das Gelingen der Arbeit sind.

Der Constructeur soll auch hier, wie in der Giesserei, die Formgebung im Einvernehmen mit der Werkstätte durchführen, denn oft kann eine geringfügige Aenderung der Form den Arbeitsvorgang wesentlich beeinflussen, erleichtern oder erschweren.

Die beiden in Fig. 299 skizzierten Kurbeln sind scheinbar wenig verschieden, beide zwecklich gleich entsprechend. Die Form *A* ist aber nicht nur für der Schmied wesentlich leichter herstellbar, sondern auch später, bei der weiteren Ausarbeitung in der Dreherei, ist die Form *A* nicht nur leichter aufspannbar, sondern auch in weniger Operationen fertiggestellt als die Form *B*. Der Constructeur, welcher den berathenden Verkehr mit der Werkstätte meidet, ist

dem eingebildeten Theoretiker vergleichbar, welchem das Verständniss für die Forderungen des Lebens fehlt.

Schmiedeherde, Glüh- und Schweissöfen.

Der einfache Schmiedeherd, wie ein solcher in Fig. 300 dargestellt ist, dient vorwaltend in den Schmieden zur Erhitzung des Eisens, obwohl derselbe keine gute Ausnützung des Brennmaterials zulässt. Die Ursache liegt in der Billigkeit dieses Ofens, in dem kleinen Raum, welchen derselbe einnimmt, und in der leichten Regulierbarkeit des Hitzegrades.

Als Brennmaterial werden meist Steinkohlen, seltener Coaks oder Holzkohlen verwendet. Der Wind, welcher durch die Düse *d* in den Herd *h* getrieben wird, kommt entweder von Blasebälgen, welche in unmittelbarer Nähe aufgestellt und von dem Feuerburschen getreten werden, oder von Ventilatoren, deren einer für eine Reihe von Schmiedeherden ausreicht. Vom Hauptwindrohr gelangt der Wind bei offenem Luftschieber in die Düse; durch den Schieber kann der Wind reguliert oder abgestellt werden. Die lebhafteste Verbrennung und daher auch die höchste Temperatur findet sich in der Nähe der Düse und die zu erhitzenden Eisenstäbe werden so in die Kohlen geschoben, dass sie in diesem Raume zur beabsichtigten Glühhitze gelangen. Die Verbrennung der vom Eisen weiter abseits liegenden Kohlen hat für den beabsichtigten Erfolg keinen Werth und muss aus Ersparungsrücksichten möglichst hintangehalten werden. Deshalb werden die Kohlen mit Kohlenkleien (Lösche) bedeckt und mittelst des sogenannten Löschwedels, eines an einem Stabe befestigten Stroh- oder Hadernbündels, der in Wasser (*w* Fig. 300) getaucht wird, bespritzt.

Mittelst eines spitzen Eisens, des Löschspiesses, durchsticht man an jenen Stellen die Kohlenlösche, welche den Verbrennungsgasen den Abzug gewähren sollen und ist so in der Lage das Feuer zusammenzuhalten, beziehungsweise so zu führen, dass die beabsichtigte Erhitzung des Eisens richtig und ohne unnöthigen Kohlenverbrauch vor sich geht. Richtige Führung des Feuers ist von grosser Wichtigkeit, sowohl bezüglich des Brennmaterialverbrauches als des Bedarfes an Eisen. Abbrand, d. i. Verlust durch Glühspanbildung ist unvermeidlich, doch soll derselbe nach Möglichkeit eingeschränkt werden. In dieser Richtung ist die Gewandtheit des Schmiedes, in einer Hitze die Formänderung möglichst weit zu bringen und die richtige Führung des Feuers von Ausschlag.

Der in Fig. 300 skizzierte Herd ist der gewöhnlich gebrauchte; nicht selten, namentlich für das Verschweissen sternförmiger Stücke

(Nabe und Speichen eines Rades u. dgl.), bedient man sich solcher Herde, deren Hohlraum eine kugelsegmentförmige Form ⌣ aufweist, mit centrischer Windzufuhr von unten, sogenannter Rundfeuer.*)

Wird mit Zuhilfenahme maschineller Vorrichtungen in kurzer Zeit eine grössere Menge glühenden Eisens aufgearbeitet, wie dies z. B. bei der Massenfabrication von Nieten, Schraubenbolzen u. dgl. der Fall ist, dann reichen die Schmiedeherde nicht aus und verwendet man mit ausserordentlichem Vortheil Glühöfen,**) welche meist kleine Flammöfen sind, bei welchen die Eisenstäbe gewöhnlich durch Löcher der Seitenwand in den ebenen Herd geschoben werden. Als Brennmaterial werden stets Steinkohlen verwendet, es gilt dies auch von den sogenannten Schweissöfen, welche für die Erhitzung grosser Schmiedestücke zur Schweisshitze Verwendung finden müssen, weil die Herde hierzu nicht ausreichen und auch minder ökonomisch sind. Die Schmiedeherde würden durch Glüh- und Schweissöfen weit mehr verdrängt werden, wenn der Schmied das Feuer nicht unmittelbar bei seiner Arbeitsstelle haben müsste, denn nur so vermag er die Formgebung kleiner Stücke während der richtigen Glühhitze durchzuführen.

Betriebsdaten.

Auf ein Schmiedefeuer mittlerer Grösse kann für mittelfeine Schmiedearbeit eine jährliche Erzeugungsmenge von 250 *q* (Metercentner) Schmiedewaare gerechnet werden; die Kosten stellen sich für Brennmaterial und Lohn auf etwa 10 fl. pro 1 *q*.

Die Herstellungskosten eines Feuers und der zugehörigen Werkzeuge betragen bei 600 fl. 6 grosse, 25 mittlere und 15 kleine Schmiedefeuer können den Wind von einem Ventilator von 1 *m* Durchmesser erhalten, welcher zum Antrieb 8 Pferdekräfte braucht.

Der Dampfverbrauch bei Dampfhämmern ist hoch, er beträgt z. B. für 1 Dampfhammer von 8 *q* Bärgewicht, 2 Hämmer von 4 *q* und 2 Hämmer von 2 *q* zusammen so viel als ein Dampfkessel für eine 20pferdige Dampfmaschine Dampf liefert.

Dampfhämmer, Verticalhämmer, Schmiedemaschinen.

Für Schmiedestücke über 50 *mm* Durchmesser reicht die menschliche Kraft nicht mehr zu rascher Formänderung hin und muss man sich maschineller Vorrichtungen bedienen, unter welchen

*) Siehe Heusinger's Eisenbahntechnik. Leipzig, W. Engelmann 1875, Bd. 4. S. 197.

**) Heusinger, Bd. 4, S. 199, 201.

die **Dampfhämmer** die erste Stelle einnehmen. Sie haben die in früheren Zeiten in Eisenwerken üblichen **Hebelhämmer** fast ganz verdrängt, so dass es hier genügt, diese der Industriegeschichte angehörigen Hämmer nur mit einigen Worten zu berühren.

Die **Hebelhämmer** wurden in **Schwanz-**, **Aufwerf-** und **Stirnhämmer** unterschieden. Für rasche Schläge, minutlich 150 bis 400 wurden die Schwanzhämmer benützt, für 80 bis 150 Schläge die Aufwerfhämmer, für langsame, wuchtige Schläge 60 bis 100 die Stirnhämmer. Der Angriffspunkt der Kraft war bei ersteren an das Schwanzende des Stieles (Helmes) gelegt, beim Aufwerfhammer zwischen Drehpunkt und Hammer, bei den Stirnhämmern an die Stirnseite des Hammers und mögen die nachstehenden Skizzen, Fig. 301, dies andeuten. Zur Beschleunigung der Umkehr der Bewegung (Hub in Fall) wurde beim Schwanzhammer der **Prellklotz** *p* oder eine Feder, **Reitel** *r*, Fig. 301, III benützt.

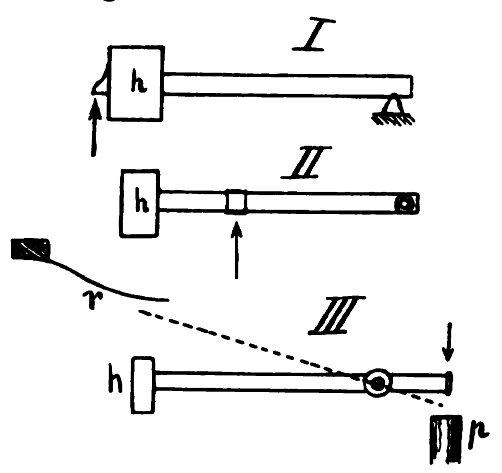


Fig. 301. *I* Stirnhammer, *II* Aufwerfhammer, *III* Schwanzhammer.

Gegenwärtig werden Hebelhämmer in Schmieden nur ausnahmsweise noch angetroffen, hingegen stehen sie in abgeänderter Form für grössere Treibarbeiten*) und für Goldschlägerei**) in Verwendung.

Die **Dampfhämmer** besitzen fast durchwegs einen vertical geführten Gusseisenklotz Bär, welcher an einer Stange hängt, die in den Kolben einer verticalen Dampfmaschine übergeht. Tritt der Dampf **nur** unterhalb des Kolbens in den Cylinder, ist die Dampfmaschine daher eine **einfach wirkende**, so besorgt der Dampf lediglich den Hub der schweren Masse, des Hammers; lässt man den Dampf sodann aus puffen, so fällt der Hammer durch die Wirkung der Schwere. Sein Arbeitsvermögen ist Gewicht mal Hubhöhe, $G \times H$.***)

---

*) Wenzelides, Ausst.-Bericht Philadelphia 1876, Wien 1877, S. 78.

**) Ueber Goldschlägerei s. Karmarsch-Heeren, techn. Wörterbuch, Bd. 4, S. 142.

***) Es ist nicht das volle Gewicht, sondern das active Gewicht, d. i. Gewicht weniger Reibung in Rechnung zu stellen. Die Reibung von Bär, Kolben und Kolbenstange beträgt etwa 6% des Bärgewichtes, sie ist selbst bei demselben Hammer veränderlich.

Bewirkt der Dampf nicht nur den Hub des Hammers, sondern tritt er während des Falles auch über den Kolben, so arbeitet die Dampfmaschine als doppelt wirkende und das Arbeitsvermögen ist gleich G.H mehr der Dampfarbeit beim Fall.

Die Hämmer der ersten Art arbeiten nur mit Unterdampf, die Hämmer der zweiten mit Unter- und Oberdampf. Der Oberdampf beschleunigt den Fall; schnellgehende Dampfhämmer arbeiten immer mit Oberdampf. Man könnte den Dampfdruck*) auf die gesammte untere, sowie auf die obere, um den Kolbenstangenquerschnitt grössere Kolbenfläche als Vielfaches des Bärgewichtes ausdrücken, wenn der Dampfdruck constant wäre; da dies jedoch in der Regel nicht der Fall ist, so kann dieser Vorgang nur dann beobachtet und zu Näherungsrechnungen betreffs der Hub- und Fallzeit angewendet werden, wenn man die mittleren Dampfspannungen in Rechnung stellt.

Wäre der Druck*) des Unterdampfes im Mittel durch $D_u = n_1 G$ gegeben, so ist näherungsweise die Hubkraft $(n_1 - 1) G$ und die Hubbeschleunigung $(n_1 - 1) g = g_1$.

Ist der mittlere Druck des Oberdampfes $D_o = n_2 G$, so ist die Kraft, mit welcher der Hammer fällt, durch $(n_2 + 1) G$ und die Beschleunigung beim Fall durch $(n_2 + 1) g = g_2$ ausgedrückt.

Mit diesen Beschleunigungen g_1 und g_2 darf ohneweiters die Zeit für den Hub und Fall nach der Formel

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$$

bestimmt werden, es wird die Zeit t_1 für den Hub von der Höhe s Meter sich ausdrücken durch

$$t_1 = \sqrt{\frac{2s}{(n_1 - 1) g}} \text{ und die Fallzeit } t_2 = \sqrt{\frac{2s}{(n_1 + 1) g}}.$$

Man nimmt für Schnellhämmer
bei $G \leqq 150\,kg$ und 300 bis 400 Schlägen pro Minute $D_u = 5$ bis $6\,G$
„ $G \leqq 500\,kg$ „ 150 „ 300 „ „ „ $D_u = 4$ „ $5\,G$

Für Dampfhämmer von

$G = 500$ bis $1250\,kg$	$D_u = 2{\cdot}5$ bis $3\ G$
$G = 1250$ „ $2500\,kg$	$D_u = 2$ „ $2{\cdot}5\ G$
$G = 2500$ „ $5000\,kg$	$D_u = 1{\cdot}75$ „ $2\ G$
$G = 5000$ „ $10.000\,kg$	$D_u = 1{\cdot}5$ „ $1{\cdot}75\ G$

*) Es ist hier selbstverständlich der Ueberdruck gemeint, d. i. die Differenz zwischen dem aus der Spannung sich ergebenden Drucke und dem Gegendrucke.

Die Construction der Dampfhämmer und insbesondere ihre Steuerung ist einfach zu halten, einerseits der den Mechanismus gefährdenden Erschütterungen wegen, andererseits aber auch deshalb, weil die Dampfmaschine des Dampfhammers schon wegen des unvermeidlichen, grossen schädlichen Raumes nie ökonomisch arbeiten kann. Der schädliche Raum, d. h. jener Raum, welcher bei der Endlage des Kolbens mit Dampf ausgefüllt werden muss, bis derselbe zu wirken beginnt, hängt beim Dampfhammer von der wechselnden Höhe des Schmiedestückes ab, denn der Kolben muss von dem unteren Cylinderdeckel um etwas mehr abstehen als diese Höhe beträgt, weil bei völliger Berührung von Bär und Amboss der Kolben noch immer ein weniges vom Cylinderdeckel abstehen muss.

Der Dampfverbrauch beim Hube ist aber im Vergleiche zur geleisteten Hubarbeit um so grösser, je bedeutender die Höhe des Schmiedestückes ist.

Da es sich beim Schmieden und daher auch bei der Dampfhammerarbeit um möglichste Ausnützung der Zeit einer Hitze handelt, so kann auch nicht mit bedeutender Expansion gearbeitet werden, der Füllungsgrad ist stets ein grosser und Condensation völlig ausgeschlossen.

Im Folgenden seien die Dampfhämmer eingetheilt in:

1. Hämmer, nur mit Unterdampf arbeitend;
2. Hämmer, deren Unterdampf als expandierender Oberdampf arbeitet;
3. Hämmer mit frischem Oberdampf und
   a) constant wirkendem Unterdampf,
   b) periodisch wirkendem Unterdampf.

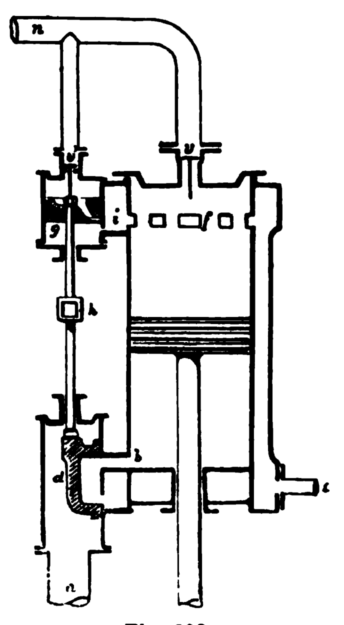


Fig. 302.
Verticalschnitt durch Dampfcylinder und Schieberkasten.

1. Hämmer nur mit Unterdampf arbeitend.

Hierher gehören die Hämmer von Nasmyth, Condié und Morrison.

Die Fig. 302 bis 304 beziehen sich auf den Nasmythhammer, welcher als erster Dampfhammer geschichtliches Interesse erweckt derzeit jedoch kaum mehr gebaut wird.

In Fig. 302 ist ein schematischer Schnitt durch Dampfcylinder und Schieberkasten gegeben; *a* ist das Dampfzuleitungsrohr, *b* deutet den Einströmungscanal an, welcher jedoch bei der gezeichneten Schieberstellung den Dampf aus dem Raume unter dem Kolben, wo er früher hebend gewirkt hat, durch die Muschel des Schiebers *d* zum Auspuffrohre *c* gelangen lässt, so dass die gezeichnete Stellung dem Falle des Hammers entspricht. Bei dem ersten Nasmythhammer wurde der Schieber nach auf- oder abwärts nur von Hand aus durch Schieberstange und Handhebel bewegt, bei der skizzierten Construction tritt eine Selbststeuerung hinzu, deren Wirkung im Folgenden besprochen werden wird.

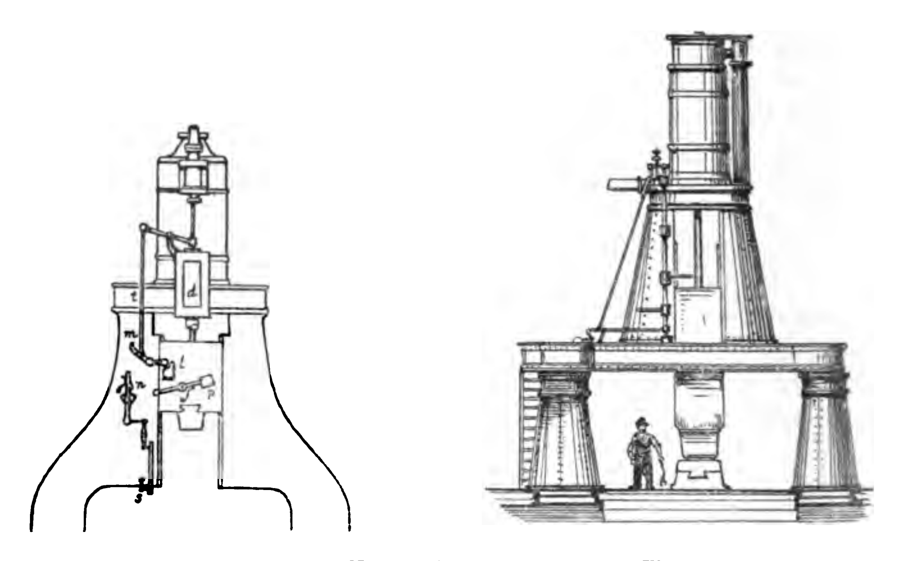


Fig. 303. Nasmythhammer. Fig. 304.

Ist der Schieber nach abwärts gedrückt, so strömt Dampf aus dem Schieberkasten unter den Kolben, hebt denselben und mittelst der Kolbenstange den Bär. Während des Kolbenhubes strömt die Luft durch die oben im Cylinder vorhandenen Oeffnungen *f* zum Auspuff. Hat der Kolben die Lochreihe *f* überschritten, so findet Compression der Luft statt, welche nach Verstellung des Schiebers in die skizzierte Lage als elastisches Kissen wirkend den Fallbeginn beschleunigt. Diese Beschleunigung kann noch dadurch befördert werden, dass die obere Kolbenfläche das Ventil *v* aufstösst und Dampf aus dem Rohre *n* einlässt.

Für die Selbststeuerung ist an dem Hammerklotze der Wuchthebel *p*, Fig. 303, und die Knagge *l* angebracht. Ersterer ist

ein Hebel, dessen Drehpunkt links vom Schwerpunkte des Hebels liegt. Stösst der Hammer beim Falle gegen das Schmiedestück, so dreht sich der Wuchthebel in der Uhrzeigerrichtung infolge der grösseren lebendigen Kraft des rechts vom Drehpunkte liegenden Armes, und das am leichteren Hebelarme angebrachte Röllchen schlägt gegen eine verticale Schiene *s*, welche durch zwei Arme gehalten wird. Durch das Zurückstossen der Schiene *s* werden diese Arme gedreht und der obere Doppelarm löst einen Sperrkegel *n* aus, welcher bisher den Hebel *m* und die Zugstange *t* gehalten hatte. So lange dies der Fall war, stand der Dampfschieber *d*, Fig. 302, hoch; denn die Schieberstange war durch einen mit *t* verbundenen Hebel in ihrer höchsten Lage gehalten, der kleine Steuerkolben *g*, Fig. 302, hatte das Ventil *v'* gehoben und Dampf drückte auf den Steuerkolben. Durch das Freiwerden von *t* gelangt der Dampf zur Wirkung, Steuerkolben *g* sinkt, dadurch auch der Schieber, es tritt nun Dampf unter den Hauptkolben, der Hammer steigt. Der Schlag des Hammers bewirkte, wie wir sahen, die Umsteuerung und hierdurch die Einleitung des Hubes.

Indem der Kolben und der Bär steigen, gelangt die Knagge *l* bei erreichtem vollen Hube zur Wirkung, *m* wird gedreht, *t* niedergezogen, bis *m* von der Sperrklinke *n* gefangen wird, Fig. 303. Durch die Abwärtsbewegung von *t* hebt sich der Schieber und gelangt in die in Fig. 302 gezeichnete Lage, der Hammer fällt.

Die von Nasmyth angewendete Selbststeuerung war das Vorbild für ähnliche Mechanismen, welche dieselbe Aufgabe meist einfacher lösen.

Fig. 304 stellt einen Nasmythhammer grösster Ausführung vor. Die Ständer dieses Hammers sind aus genieteten Blechen, desgleichen der Querträger, die Steuerung ist eine solche, wie wir sie bei dem Hammer Fig. 305 und 306 wieder finden.

Der Condiéhammer ist die kinematische Umkehrung des Nasmythhammers; die hohle Kolbenstange ist das festgestellte Glied, der Dampfcylinder, zugleich Bär, ist das bewegliche.

Durch diese Anordnung reduciert sich die Bauhöhe des Hammers, um etwa drei Viertel der Höhe, welche der Bär sonst einnimmt, was ein wesentlicher Vortheil ist. Als Nachtheil hingegen ist der Umstand zu betrachten, dass die Stopfbüchse schwieriger dicht zu halten ist. Fig. 305 zeigt den Condiéhammer mit der Haswell'schen Ventilsteuerung. An der oben auf dem Hammergestelle gelagerten Steuerwelle *W* sitzt ein dreiarmiger Hebel, dessen linker Arm das Einströmungsventil, der rechte das Ausströmungsventil bethätigt, während der dritte durch Zugstange und Hebel mit der Verticalwelle *W'* ver-

bunden ist. Die kräftige Feder *F* wirkt beständig in dem Sinne des Offenhaltens des Einströmventils. Die Achse des Hebels *h'* führt durch den Ständer zu einem Hebel und einer Zugstange, welche den Dampfeinlassschieber bethätigt. Ist dieser geöffnet, so tritt der Dampf durch das offene Einströmventil in die hohle Kolbenstange *K* und von dieser oberhalb des Kolbens in den Cylinder; der Hammer steigt. An dem Hammer oder Dampfcylinder ist aussen eine

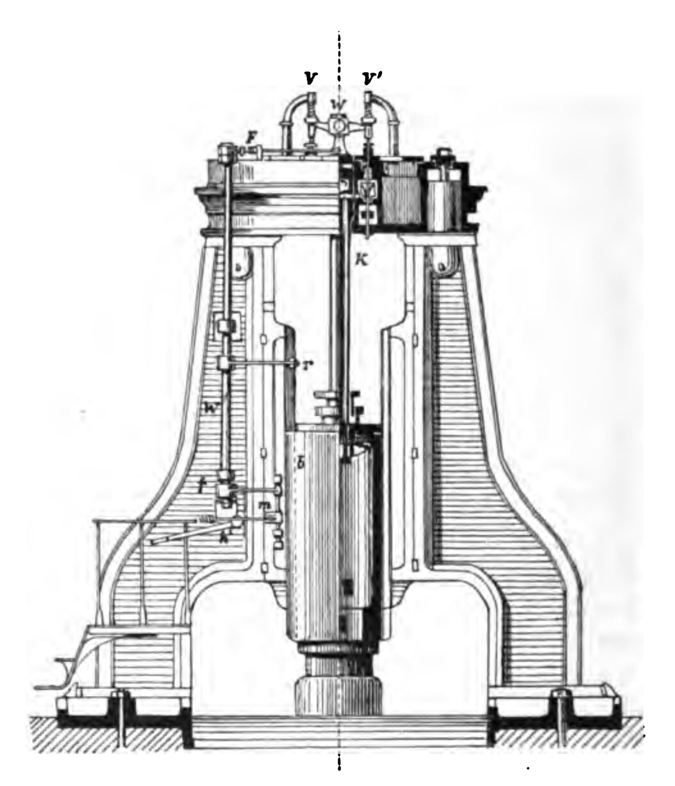


Fig. 305. Condiéhammer mit Haswell's Ventilsteuerung.

Schiene *b* angebracht, welche bei erfolgtem Hube gegen die Rolle *r* stösst, diese zwingt, nach vorne auszuweichen und hierdurch die verticale Welle *W'* dreht, welche schliesslich auf die Steuerwelle *W* einwirkt, das Einströmungsventil schliesst und das Ausströmungsventil öffnet. Diese Verdrehung der Wellen *W'* und *W* wird durch das Einschnappen einer von der Feder *F* bethätigten Klinke *m* fixiert; der Hammer fällt. Durch einen Handhebel kann die Klinke *m* nach erfolgtem Schlage ausgelöst werden, wodurch die Feder *F* die Steuerwelle *W* wieder so drehen kann, dass das Einströmungs-

ventil geöffnet wird. (Das diesbezügliche Detail ist in Karmarsch-Heeren's techn. Wörterbuche, Bd. 2, S. 518 dargestellt.) Die Selbststeuerung ist hier nur für den Fall des Hammers, während der Hub von Seite des Arbeiters eingeleitet wird.

Da der Bär in seinen Führungen etwas Spiel haben muss, so muss auch die Kolbenstange etwas nachgeben können, was dadurch erreicht ist, dass das obere Ende der Kolbenstange mit Kugelsegmentflächen in der Fassung sitzt, der cylindrische Theil der Stange aber etwas Spiel im Ständerobertheil besitzt. (Vgl. Fig. 306.)

Der Morrisonhammer ist durch Fig. 307 gekennzeichnet. Die dicke Kolbenstange ist unter und über dem Kolben so lang ausgebildet, dass sie in den Stopfbüchsen am unteren und oberen Cylinderdeckel Führung besitzt. Gegen Verdrehung ist der Hammer dadurch gesichert, dass an dem oberen Theile der Kolbenstange eine Abflachung angearbeitet ist, wodurch der Stangenquerschnitt kein voller Kreis ist. Der Hammer bedarf keiner weiteren Führung, wodurch der Arbeitsraum sehr frei gehalten sein kann. Diesem Vortheile steht der Umstand nachtheilig gegenüber, dass die obere Stopfbüchse wegen der Abflachung der Kolbenstange schwerer dicht zu halten ist. Durch das Rohr E gelangt der frische Dampf in den Kasten V des Einströmventiles, welches durch den Handhebel H geöffnet werden kann. V steht mit dem Schieberkasten s in Verbindung, dessen entlasteter Schieber vom Handhebel H' bewegt wird. Das Auspuffrohr communiciert bei K mit dem oberen Theile des Cylinders. Ueberschreitet der Kolben die Oeffnung K, so pufft der Dampf aus dem Raume unter dem Kolben aus, während die Luft in dem Raume über dem Kolben comprimiert wird, als Bremse und elastisches Kissen wirkend. In gleicher Weise wirkt auch beim Condiéhammer die Luft im unteren Cylindertheile, wenn der Cylinder so hoch gestiegen ist, dass seine Löcher durch den Kolben gedeckt werden.

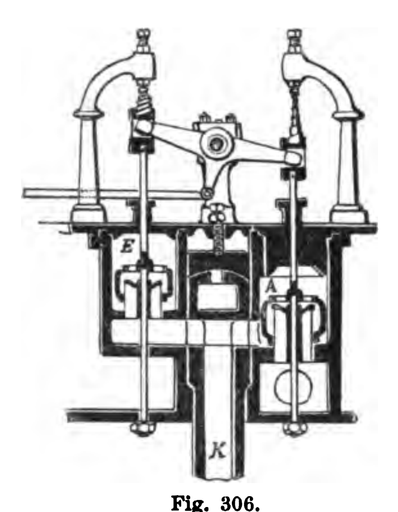


Fig. 306.
E Einström-, A Ausströmventil.

2. Hämmer, deren Unterdampf als expandierender Oberdampf arbeitet.

Daelen (sprich Dahlen) war der erste, welcher das Arbeitsvermögen des Unterdampfes dadurch noch weiter nutzbar machte,

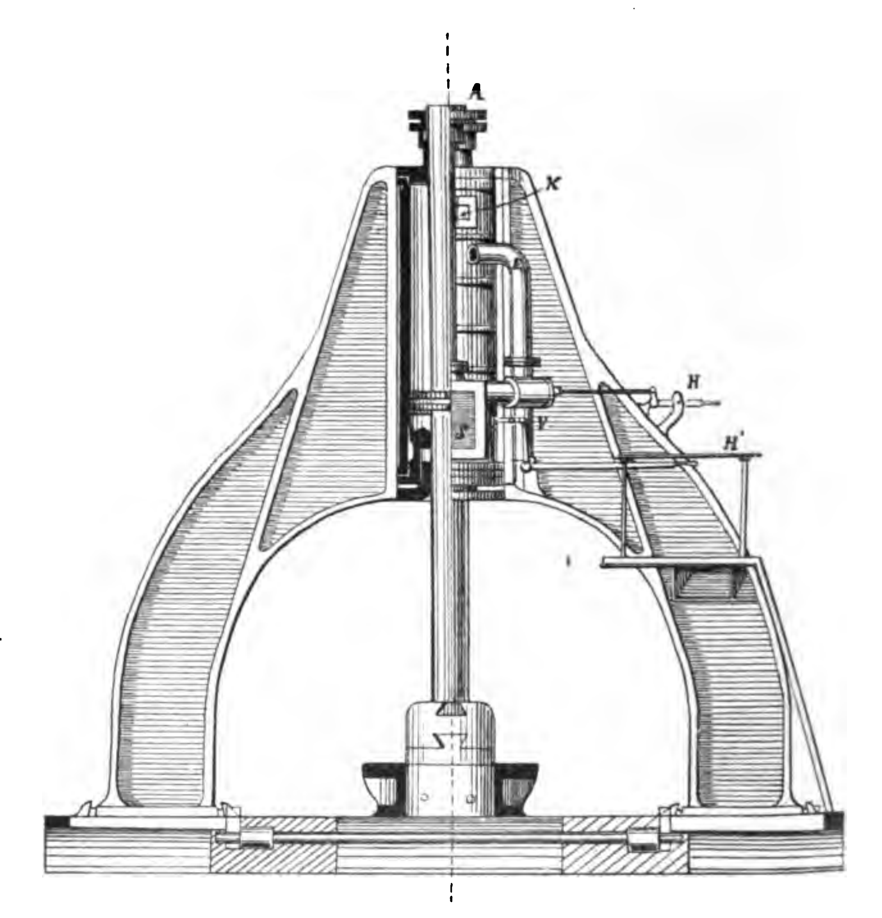


Fig. 307. Morrisonhammer.

dass er nach erfolgtem Hube den Unterdampf aus dem Raume unter dem Kolben in den Raum über dem Kolben treten liess. Der über den Kolben tretende Dampf wirkte dort auf eine grössere Kolbenfläche, weil unterhalb des Kolbens die sehr dicke Kolbenstange dem Dampfe nur gestattete, auf die ringförmige Fläche zu wirken. Ist D der Kolbendurchmesser, d der Kolbenstangendurch-

wechselnd mit dem Schieberkasten und dem Auspuff zu verbinden.

Ringhoffer's Dampfhammer arbeitet als doppelt wirkende Dampfmaschine, daher sowohl mit periodischem Unter- als Oberdampfe. Derselbe ist durch Fig. 309 dargestellt.

Von der Selbststeuerung wird für Streckarbeit, von der

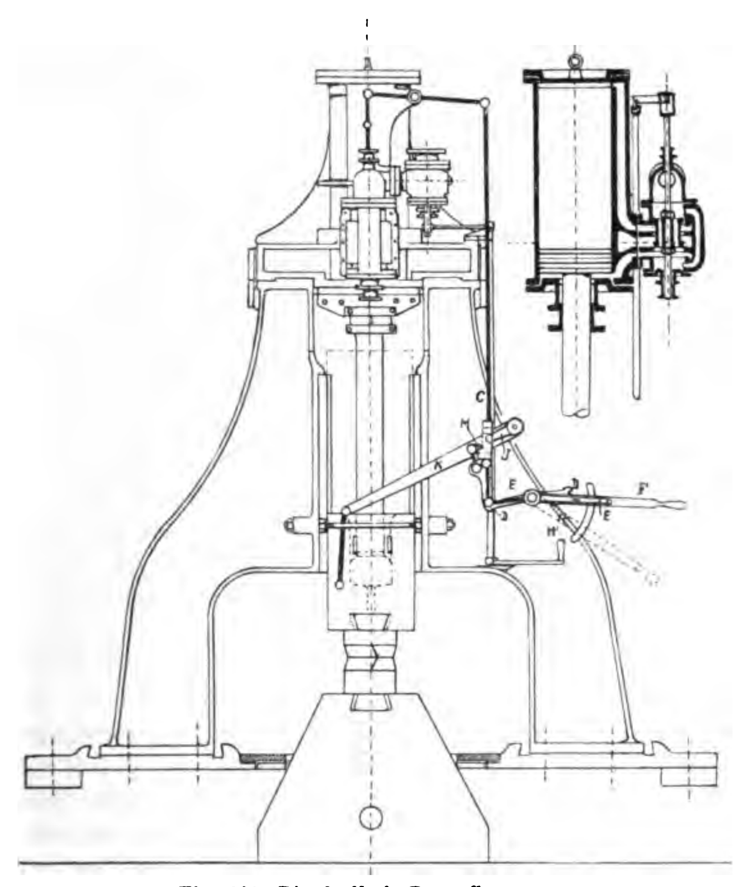


Fig. 309. Ringhoffer's Dampfhammer.

Handsteuerung bei Gesenkarbeit Gebrauch gemacht. Der Dampfcylinder hat 365 *mm*, die Kolbenstange 150 *mm* Durchmesser, der volle Hub beträgt 850 *mm*, das Bärgewicht 1000 *kg*. Für die Gesenkarbeit ist die Schlagwirkung eine grössere, weil der Hammer hierbei mit der vollen Wucht des Oberdampfes niedergeht, während bei der durch Selbststeuerung vermittelten Streckarbeit der entgegenkommende Unterdampf die Wucht mindert.

Bei Benützung der Handsteuerung ist die maximale Schlagzahl pro Minute 60, bei Selbststeuerung kann dieselbe auf 120 gesteigert werden.

Wendet man Handsteuerung an, so ist der Handhebel F mittelst eines eingelegten Sperrzahnes mit dem Hebel D gekuppelt, so dass der Hammerführer den Dampfschieber, einen entlasteten Kolbenschieber, durch Vermittlung des Gestänges bewegen kann. Hierbei ist der Backen M aus dem Schlitz herausgezogen, so dass die Steuerstange C um den Kopf des Daumenhebels J freies Spiel hat. Der Steuerhebel K und der mit ihm verbundene Daumenhebel J bewirken in diesem Falle nur die Umsteuerung am Ende des Hubes, um das Zerschlagen des oberen Cylinderdeckels zu hindern.

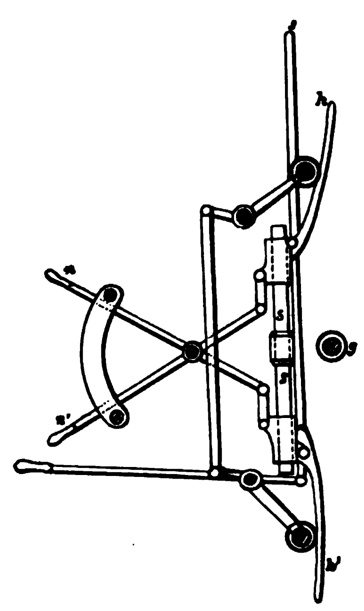


Fig. 310. Naylor's Selbststeuerung.

Bei Selbststeuerung wird Hebel E mit D durch einen Sperrzahn gekuppelt, der Handhebel ausser Verbindung gesetzt, und der Backen M in den Schlitz der Steuerstange C geschoben und hierdurch der Kopf des Daumenhebels J beiderseitig eingeschlossen, wodurch die ganze Steuerung der Bewegung des Steuerhebels K folgen muss, welcher gelenkig an den Hammerklotz geschlossen ist. Sobald der Haupteinlasschieber geöffnet wird, arbeitet der Hammer ganz selbständig.

Vom Naylorhammer sei nur eine Skizze der Selbststeuerung gegeben. In Fig. 310 bedeutet g ein Röllchen, das mit dem Hammerklotze steigt und fällt. Dasselbe stösst beim Hub gegen den Hebel h, beim Fall gegen h'. Aus der Figur ist ersichtlich, dass das nach links Drücken von h einen Hub der Steuerstange s und die analoge Bewegung von h' das Niederziehen dieser Stange und sohin die entsprechende Schieberbewegung vermittelt. Durch Benützung der Hebel n n' lassen sich an einer fixen Stange S jene Hülsen verschieben, an welchen h und h' drehbar befestigt sind und dadurch kann der Hub des Hammers während fortgesetzter Selbststeuerung reguliert werden.

Der Hammer Brinkmann's zeichnet sich durch eigenartige, zum Theile in die Kolbenstange gelegte Steuerungsorgane aus. Dieser Hammer ist durch Fig. 311 und 312 dargestellt. Der Cylinder-

boden ist zu einem langen in den Ständer eingelassenen Rohre ausgebildet, welches bei *B*, *C* und *D* ausgeschnitten ist. Die Oeffnungen *C* und *D* führen zum Auspuff *a*. Die beiden Bohrungen der Kolbenstange *K* und *K'* haben verschiedene Länge und mündet *K* über, *K'* unter dem Kolben. Diese Bohrungen sind an ihrem unteren Ende nach aussen geöffnet. In der gezeichneten Stellung tritt durch *B* und *K'* Dampf unter den Kolben und steht gleichzeitig der Raum über dem Kolben durch *K* und *C* mit dem Auspuff *a* in Verbindung; der Hammer steigt, bis die untere Oeffnung von *K'* mit *D* und *a* in Verbindung tritt und gleichzeitig die untere Oeffnung von *K* nach *B* kommt. Hierdurch strömt der

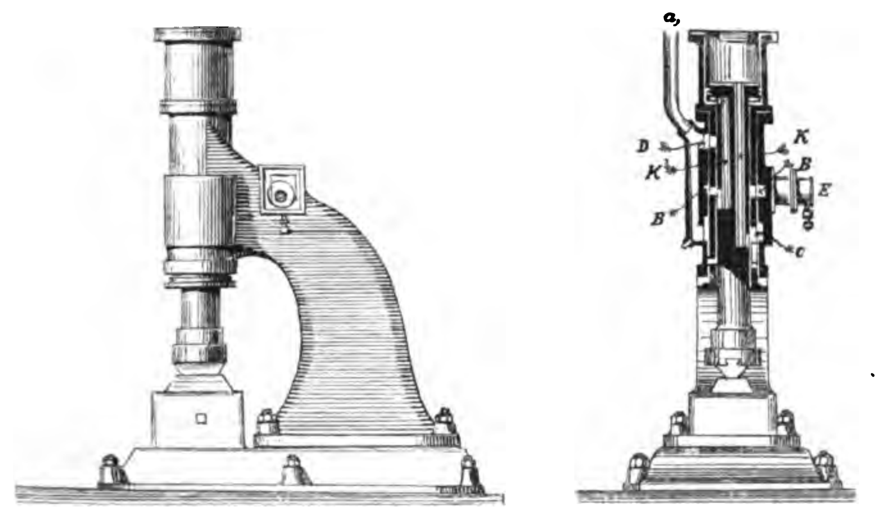


Fig. 311. Brinkmann's Dampfhammer. Fig. 312.

Unterdampf aus, während frischer Oberdampf den Fall beschleunigt. Verdeckt die Kolbenstange die Oeffnungen *B* und *C*, so tritt unter dem Kolben Expansion, über demselben Compression ein. Eine Verdrehung des Hammers wird durch schwalbenschwanzartige Führungsleisten, welche an der dicken Kolbenstange angebracht sind und in entsprechende Nuthen des Stopfbüchsenrohres passen, verhindert.

Der Hammer ist von Hand aus leicht regulierbar, da man nur den Dampf mehr oder weniger zu drosseln braucht; geringere Drosselung, beziehungsweise höhere Dampfspannung bewirkt raschere und zugleich stärkere Schläge. Der Hammer arbeitet ökonomisch, so lange die Dichtung erhalten ist, welche jedoch leichter als bei anderen Hämmern mangelhaft wird.

Seller's Dampfhammer ist gleichfalls ein Schnellhammer, die Selbststeuerung ist von einer schiefen Ebene abgeleitet, welche an dem oberen Theile der Kolbenstange angearbeitet ist. (S. Karmarsch-Heeren, techn. Wörterb., Bd. 2, S. 525.)

Allgemeine Bemerkungen zur Construction der Dampfhämmer.

Die mit der Hammerarbeit verbundenen Vibrationen verlangen eine vorzügliche Fundierung. Es empfiehlt sich, den Amboss unabhängig vom Ständer zu fundieren. Das Fundament des Ständers besteht gewöhnlich aus Quadermauerwerk, mit welchem der Ständer durch Fundamentschrauben verbunden wird; das Fundament des Amboss, beziehungsweise seiner Unterlage, der Chabotte, wird mit Vortheil aus vertical gestellten, miteinander verdübelten Eichenpfosten gebildet, welche überdies mit Eisenreifen umspannt sind. Der Raum zwischen Amboss- und Ständerfundament wird mit Sand ausgestampft. Findet eine Setzung des Ambossfundamentes statt, so kann durch Unterlegen von Eisenplatten unter die Chabotte nachgeholfen werden.

Das Chabottegewicht soll für Eisenschmieden das achtfache, für Stahlschmieden das zwölffache Hammergewicht betragen. Die Fallhöhe in Metern gemessen kann nach der empirischen Formel $H = 0{\cdot}026 \sqrt{G}$ bestimmt werden, wobei das Hammergewicht G in Kilogramm auszudrücken ist.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Verbindung der Kolbenstange mit Kolben und Bär. Bei den kleinen Hämmern empfiehlt es sich, den Kolben mit der Kolbenstange aus einem Stücke zu schmieden; bei grösseren Hämmern presst man den schwach konisch ausgedrehten Kolben auf den entsprechend abgedrehten Zapfen der Kolbenstange gegen ihren Bund auf und sichert den Kolben noch überdies durch Schraube und Mutter mit vorgesetztem Keil. Die Anwendung runder Gewinde und sorgfältige Abrundung aller Uebergänge bei jenen Stellen, wo Aenderungen im Querschnitte der Kolbenstange vorkommen, vermindert wesentlich die Gefahr eines Bruches. Auch die Verbindung zwischen Kolbenstange und Bär wird meist so durchgeführt, dass man das Kolbenstangenende zu einem kugeligen oder segmentförmigen Kopfe staucht und diesen Kopf zwischen Metallpfannen, welche in eine entsprechende Bohrung des Bärs eingelegt werden, fasst und durch Querkeile feststellt. Zwischen die untere Metallpfanne und eine auf den Bohrungsboden gelegte Platte schaltet man zuweilen eine Scheibe harten Holzes ein, um die Stösse etwas zu mildern.

Transmissionshämmer.

Statt der Dampfhämmer wendet man für leichtere Schmiedearbeiten verschiedene, von der Transmission getriebene Hämmer an, welche noch häufiger in Gebrauch stehen würden, wenn die Führung von Transmissionen in die Schmieden nicht häufig örtlichen Schwierigkeiten begegnen würde.

Fast ausschliesslich findet die Bewegung des Hammerklotzes in verticaler Richtung und in verticalen Führungen statt.

Bei der sogenannten Schlage geht vom Hammerklotze ein Gurt aufwärts über eine rotierende Scheibe und hängt das zweite Gurtende frei herab. Zieht man an demselben, so nimmt die „Seilreibung" den Gurt mit und hebt den Bär. Lässt man den Gurt frei, so fällt der Bär.

Verticalhämmer werden Vorrichtungen genannt, bei welchen der Bär durch Hebedaumen gehoben und sodann freigelassen fällt. Der Angriff der Hebedaumen erfolgt in der Regel an einem federnden Stücke (Puffer), welches im Hammerklotze entsprechend eingesetzt und zur Vermeidung nachtheiliger Stösse nöthig ist.

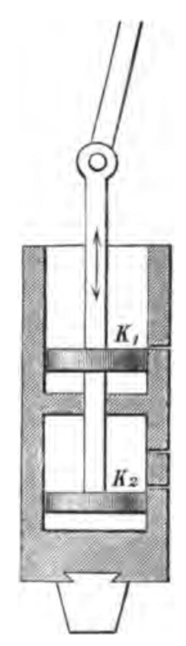


Fig. 313. Lufthammer.

Federhämmer sind Transmissionshämmer, bei welchen eine Kurbel durch ihre Pleuelstange ein vertical geführtes Prisma hebt und senkt, welches mit einer Bogenfeder ⌒ verbunden ist, die hierdurch die Verticalbewegung mitmacht. Die beiden Enden der Bogenfeder sind mit kräftigen Riemen verbunden und die Riemenmitte mit dem Hammerklotze. Bewegt sich die Kurbel auf- oder absteigend, so steigt oder fällt auch der Hammerklotz; der elastischen Zwischenmittel wegen sind Stösse im Gestänge vermieden.

Lufthämmer sind den Federhämmern insofern ähnlich, als hier die Luft statt der Federn als elastisches Mittel eintritt. Eine gute Construction, welche durch vorstehende Skizze angedeutet ist, wird durch die Maschinenfabrik Vulkan (früher Fernau) in Wien ausgeführt. Der Bär wird vertical geführt. Die Kolbenstange, Fig. 313, trägt zwei Kolben, von welchen der untere nur beim Hube wirkt, während bei dem Niedergange der Kolbenstange die Luft sowohl unter K_1 als K_2 comprimiert wird, wodurch sich die Kraft des Schlages wesentlich erhöht.

Frictionshämmer. Der Grundgedanke, welcher diesen für kleine Schmiedearbeiten sehr rationellen Hämmern zugrunde liegt, beruht darauf, mit dem Bären eine verticale Holzschiene zu verbinden, welche durch Frictionsrollen erfasst, gehoben und frei-

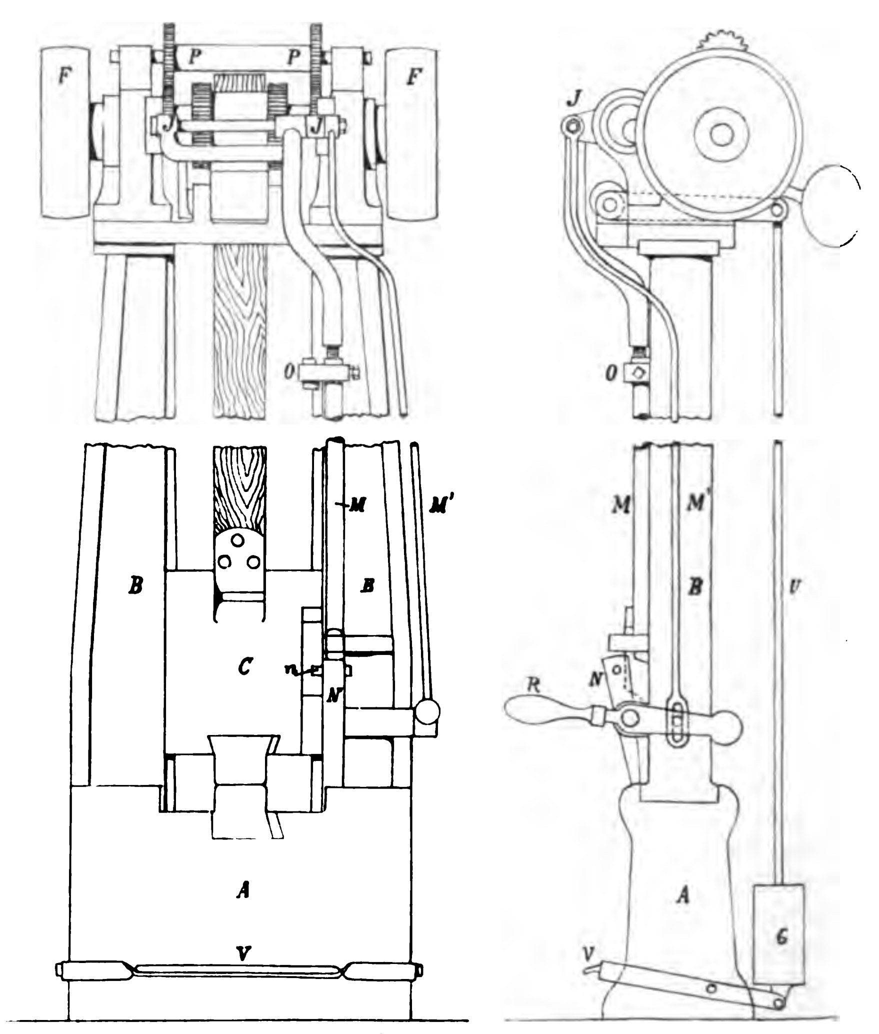


Fig. 314. Frictionshammer von Stiles & Parker. Vorder- und Seitenansicht.

gelassen werden kann, wodurch Hub und Schlag des Hammers erfolgen. Die constructiven Details dieser Hämmer sind mannigfach, da man von denselben nicht selten verlangt, dass der auf willkürliche Höhe gehobene Bär festgehalten werden könne und erst falle, wenn dies gewünscht wird.

Eine vorzügliche Construction nach Stiles & Parker ist durch Fig. 314 und 315 dargestellt.*)

Der Hammerklotz *C* ist mit der flachen Holzschiene *D*, Fig. 315, verbunden. Diese Schiene wird, wenn der Bär gehoben werden soll, von den Frictionsrollen *E*, *E'* erfasst und in die Höhe gezogen. Beide Rollen *E*, *E'* sind entsprechend angetrieben, und zwar *E'* unmittelbar, *E* hingegen durch Vermittlung der auf den Achsen von *E*, *E'* sitzenden Zahnräder. Durch den Arm *J* und die Stange *M* wird das excentrische Lager von *E* gedreht und hierdurch *E* gegen die Holzschiene *D* und die Rolle *E'* gedrückt, in welchem Falle Friction an *D* eintritt und der Hub erfolgt. Wären nur die beiden Rollen *E*, *E'* auf *D* wirksam, so würde der Bär sofort

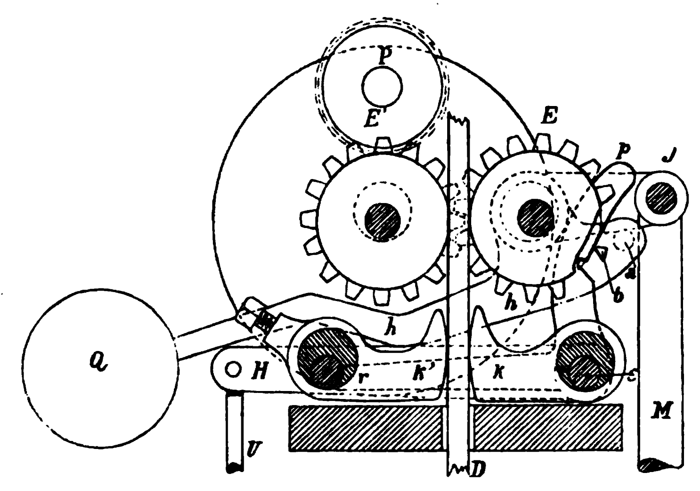


Fig. 315.

fallen, wenn der Frictionszug aufhört, was durch Abrücken von *E* eintreten würde. Es sind jedoch unter den beiden Frictionsrollen *E* und *E'* die zwei „Klemmhebel" *k*, *k'* angebracht, wovon der eine *k* auf einer excentrischen Achse gelagert ist, die sich mittelst des Armes *H* verdrehen lässt. Wird *H* gehoben, so entfernt sich der Klemmhebel *k* von der Schiene *D* und umgekehrt. Den Hub der Schiene *D* hindern die Klemmhebel nie, denn liegen sie während des Hubes der Schiene *D* auch an dieser an, so bewirkt dies nur eine geringe Aufwärtsdrehung von *k*, *k'*. Die Abwärtsbewegung der Holzschiene, also der Fall des Hammers, wird durch die Klemmhebel sofort verhindert, weil sie excentrische Köpfe

*) S. den Ausstellungsbericht von Ingenieur Franz Wenzelides über die Ausstellung in Philadelphia 1876, Wien 1877.

haben und hierdurch zangenartig wirken. Erst wenn Arm *H* gehoben und Klemmhebel *k* dadurch von der Schiene abgezogen wird, kann der Fall des Bären erfolgen. Zu diesem Zwecke ist *H* durch Stange *U* mit dem Fusstritte *V* verbunden. Wird der Tritt getreten, so hebt sich *U* und *H*, wird er freigelassen, so zieht das Gewicht *G* beide nieder.

Die beiden excentrischen Lagerbüchsen der Rolle *E* tragen Arme *J*, welche mit einer Querstange verbunden sind und an dieser hängt die verticale Stange *M* mit dem stellbaren Anschlage *O* und überdies an dem Ende der Querstange die Stange *M'*, welche an ihrem unteren Ende einen Langschlitz besitzt, in welchen ein Stift des Handhebels *R* eingreift.

Hat man durch Aufwärtsziehen des Handhebels *R* die Stange *M'* niedergezogen und die Arme *J* so gedreht, dass *E* und *E'* die Schiene *D* fassen, so steigt der Hammer, bis ein Ansatz (Knagge) am Bären den Anschlag *O* trifft, hierdurch die Stange *M* und die Arme *J* hebt (wodurch auch *M'* gehoben wird) und die Klemmung von *D* durch Abrücken von *E* aufhört. Der Hammer wird nun durch die Klemmhebel so lange gehalten, bis durch Treten des Trittes *V* ihre Auslösung erfolgt.

Der Langschlitz in *M'* bewirkt, dass die durch den Hammerklotz hervorgebrachte Bewegung von *M* auf den Hebel *R* nicht einwirkt und daher das gefahrlose Ergreifen des Hebels *R* von Seite des Arbeiters geschehen kann.

Um die Verdrehung der Arme *J* und der beiden Excenterbüchsen auf das richtige Mass zu beschränken, ist der eigenartig geformte Hebel *h* vorhanden, welcher sich frei um dieselbe Achse mit *J* dreht. Sein kürzerer Arm trägt einen Zapfen *a*, welcher den Hebel *J* von unten fasst. Das Gewicht *Q* ist so gewählt, dass es *J* sammt den daran hängenden Theilen heben kann. Wird der Fusstritt *V* getreten und dadurch Stange *U* und Arm *H* gehoben, so hebt *H* den Hebel *h* mit und hierbei schnappt der Winkelhebel *rsp*, durch eine Feder gedrückt, auf den Zahn *b*, welcher sich an *h* befindet, auf und hält den Hebel *h*. Hierbei bleibt *E* an *D* gepresst, wenn *J* und *M* sinken konnten und der Hammer steigt. Stösst beim Hube *O* an *M* und hebt *M*, so löst diese Stange, indem sie *p* nach links dreht, den Zahn *b* aus, der Hebel *h* sinkt, hebt *J* und Rolle *E* ist ausgerückt.

Hat der Hub des Bären die Stange *M* gehoben, so bewegt sich ein drehbares Stück *N* mit Stift *n* so, dass es die Stange unterstützt und dieselbe am Herabfallen hindert. Sobald sich aber der Hammerbär dem Ambosse nähert, so schlägt ein Vorsprung

des ersteren auf den Stift n, rückt N aus und M kann fallen, die Frictionsrollen treten in Wirkung, der Hammer steigt.

Die Excenter von E' und k' dienen nur zur Einstellung bei etwaigem Wechsel der Schiene. Die Verdrehung des Excenters von E' erfolgt von der Welle P aus mittelst Zahnrädern. Ein hübsches, vielfach verwendbares Detail ist noch folgendes. Um das Brechen oder Losrütteln der Ständerschrauben zu verhindern, hat man das Loch im Ständer an der Stelle, wo die Mutter zu sitzen kommt auf eine gewisse Tiefe cylindrisch erweitert, in diese Erweiterung einen Kautschukring, darauf einen Eisenring gesetzt, welche beide durch die Mutterschraube festgepresst werden. Die Versicherung der Mutter wird durch einen Federstift (Springbolzen) erzielt, welcher in Bohrungen der Mutter einspringt. Durch ein feines Loch kann dieser Stift von oben mittelst eines Drahtes niedergedrückt werden, um die Mutter anziehen zu können.*)

Gesenkschmiede wird jene Schmiedemaschine genannt, welche aus einer Reihe vertical geführter Stempel, in welche die Obergesenke eingesetzt sind, besteht; diese Stempel arbeiten gegen festgestellte Untergesenke. Die Stempel sind durch Federn gegen oben gedrückt und werden durch gelenkige Sattelstücke niederbewegt, welche ihrerseits die Bewegung durch Excenter erhalten, die an einer horizontalen Welle aufgekeilt sind. Durch versetztes Aufkeilen der Excenter bewegen sich die Stempel ungleichzeitig. In dieser Maschine sind etwa zehn verschiedene, häufig gebrauchte Gesenke eingesetzt, natürlich nur so viele als Stempel vorhanden sind, und der Schmied benützt das sich eignende für seine specielle Arbeit.

Das Presschmieden.

Das Presschmieden ist eine Gesenkarbeit mit Anwendung ruhigen Druckes. Im grossen Masstabe wurde dieselbe durch den Director der Locomotivfabrik der Staatseisenbahngesellschaft in Wien, John Haswell, im Jahre 1861 eingeführt.

Eine grosse horizontal disponierte Dampfmaschine von 1600 *mm* Hub und 1650 *mm***) Kolbendurchmesser besitzt eine beiderseits verlängerte Kolbenstange und wirken diese Verlängerungen als Plunger der rechts und links vom Cylinder angeordneten Pumpen. Die Achsen der Pumpencylinder und des Dampfcylinders liegen daher in einer Geraden.

*) Frictionshämmer bauen: Pratt & Whitney Comp. in Hartford, Stiles & Parker Press Comp. in Middletown, Max Hasse in Berlin, „Vulkan" in Wien u. a.

**) Die Masse beziehen sich nicht auf die erste Presse, sondern auf eine der späteren, grössten Ausführungen.

Bei 6 Atmosphären Dampfspannung beträgt der Dampfdruck auf den Kolben 163.300 *kg* und dieser Druck wird unmittelbar auf den Plunger der Pumpe übertragen, so dass die Pressung des Wassers bei einem Plungerdurchmesser von 163 *mm* die Höhe von 600 Atmosphären erreicht. Mit dieser Spannung arbeitet das Druckwasser in der hydraulischen Schmiedepresse.

Diese Presse ist vertical disponiert, der Druckkolben wird von oben gegen das zu bearbeitende Schmiedestück niedergedrückt. Für den Beginn der Arbeit, d. h. für jene Zeit, in welcher der Druckkolben von seiner höchsten Stellung bis zur Berührung mit dem Schmiedestücke gesenkt wird, bedarf es keines hohen Druckes, und in dieser Zeit lässt man Wasser aus einem Accumulator mit etwa 5 Atmosphären Spannung einfliessen. Ist der Druckkolben aber zur Auflage auf dem Schmiedestücke gelangt, dann lässt man die Dampfpumpen wirken und nun erfolgt die eigentliche Arbeit unter einem maximalen Drucke von σF, im vorliegenden Falle von

$600 \times \frac{\pi}{4} 75^2$ nahe gleich 2,600.000 *kg*.

Ist die Formänderung erfolgt und will man den Druckkolben heben, dann öffnet man ein Auslassventil am Druckcylinder, lässt frisches von den Pumpen kommendes Druckwasser unter einen Differentialkolben treten, welcher durch ein Hubgestänge mit dem Presskolben verbunden ist, und hebt den Presskolben. Diese Anordnung ist so disponiert, dass der Differentialcylinder über dem Druckcylinder angebracht ist; die Achsen beider liegen in einer Geraden. Der Druckkolben tritt nach unten, der Differential- oder Hubkolben nach oben aus seinem Cylinder, beide Kolben tragen Querstücke (Querhaupt) und sind durch zwei Zugstangen miteinander verbunden.

Die Schmiedearbeit, welche mit dieser Presse durchgeführt wird, besteht zumeist in Gesenkarbeit. Mit dem Presskolben ist das Obergesenk, mit der massigen Grundplatte das Untergesenk verbunden und ein roh vorgeschmiedetes Stück entsprechenden Volumens wird auf das Untergesenk gelegt und durch das Obergesenk eingepresst. Hierbei können selbst complicierte geformte gusseiserne Gesenke benützt werden, weil dieses Material dem ruhigen Drucke Stand hält. Will man das Presschmieden mit einem Lochen verbinden, so besteht das Untergesenk aus mehreren Theilen, von welchen man nach der Pressung jene prismatischen Theilstücke entfernt, welche sich dort befinden, wo behufs Bildung des Loches das Material ausgepresst werden soll. Das Obergesenk ist in diesem Falle so ausgebildet, dass es an der künftigen Lochstelle kurze

Ansätze besitzt, welche in das Schmiedestück Vertiefungen von etwa 6 *mm* Tiefe einpressen, sogenannte Marken.

Ist die erste Pressung erfolgt, so hebt man das Obergesenk, entfernt nach Erforderniss aus dem Untergesenke die prismatischen Theilstücke, setzt auf die Marken des Schmiedestückes prismatische Gusseisenklötze entsprechender Höhe auf und gibt nun neuerlich Druck, bis das auszupressende Material entfernt ist. Durch nachstehendes Beispiel, welches einer Abhandlung Robert Lane Haswell's,*) des Sohnes des Erfinders, entnommen ist, wird der Vorgang klar werden.

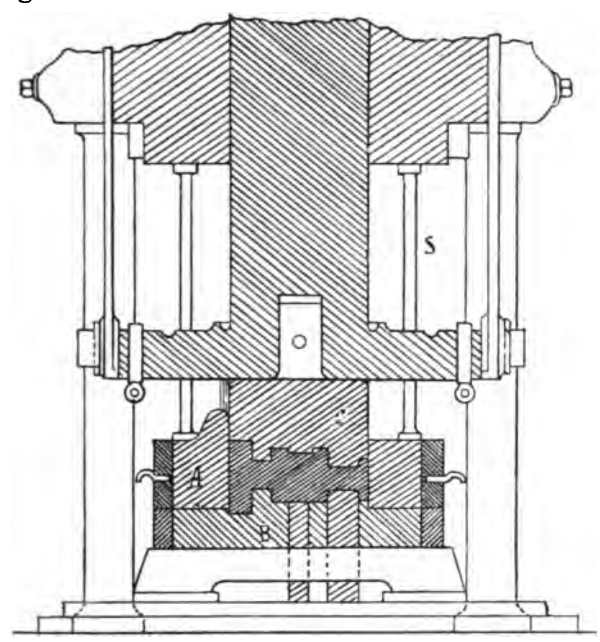


Fig. 316. Presschmieden.

Wir behandeln die Erzeugung eines Radsegmentes sammt Kurbelnabe aus Schmiedeeisen.

Die Packetierung des zu pressenden Eisenstückes geschieht nach der gewöhnlichen Art, voll auf Fug, aus möglichst weichem Eisen, falls man nicht vorzieht, Martinflusseisen zu verwenden. Das Packet erhält ein Gewicht von 130 *kg*. Das Ausschmieden des Packets wird unter einem 60 *q* Dampfhammer vollzogen, und zwar wird das Packet auf eine rechteckige Form von 185 *cm* Länge, 29 *cm* Höhe und 42 *cm* Breite geschmiedet. Diese Brame wird so-

*) Karmarsch-Heeren, techn. Wörterb., III. Aufl., Bd. 7, S. 762.

dann im noch warmen Zustande in den Schweissofen zurückgebracht und nach erlangter Hitze unter dem Dampfhammer auf jene Form geschmiedet (abgestückt), welche dem in der Presse verwendeten Gesenke beiläufig entspricht. Das Stück kommt hierauf wieder in den Schweissofen zurück und erhält die letzte Hitze für das Pressen.

Das Pressen geschieht im gusseisernen Gesenke (Fig. 316). Dieses besteht aus dem oberen Theile *A*, dem unteren *B* und dem Stempel *C*. *A* und *B* entsprechen zusammen dem Untergesenke,

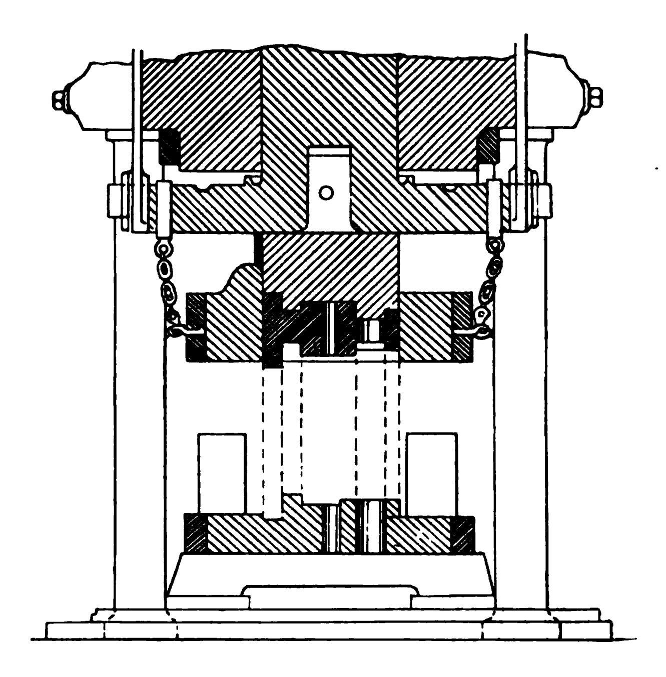


Fig. 317.

C ist das Obergesenk. In *B* finden wir zwei Dorne, welche durch Unterlagen während des Pressens fest gehalten sind. Ueber dem zu pressenden Radsegmente befindet sich der Stempel *C* ganz ähnlich dem Theile *B*, nur mit dem Unterschiede, dass hier über dem Mitteldorne sich ein Ansatz befindet, welcher für das Lochen bereits beim Façonnieren eine Vertiefung als Führung für den später aufzusetzenden, respective durchzudrückenden Dorn bildet.

Die Gesenktheile *A* und *B* befinden sich auf einem Untergestelle, dessen Höhe vom Hube der Presse abhängig ist, und das auf einem Schlitten befestigt ist. Ist das Gesenk gehörig zusammengestellt, so werden die Spreizen *S* aufgestellt und das Gesenk innen

mit Schmiere ausgestrichen. Die Spreizen gestatten das Ausheben des Obergesenkes *C*, ohne dass der Gesenktheil *A* mitgehoben wird.

Das bis zur starken Schweisshitze gebrachte, abgestückte zu pressende Stück wird mittelst Wagen zur Presse gebracht, von diesem mittelst Zangen gehoben und eingesetzt. Es erfolgt nun rasch der Druck, welcher das Segment façonniert. Dann wird der Stempel *C* gehoben und auf die durch den Ansatz des Stempels erzielte seitliche Vertiefung ein ganz gleicher Dorn, wie der im unteren Modeltheile sich befindende aufgesetzt, hierauf der untere Dorn durch Herausstossen seiner Unterlage entfernt, und durch Druckgeben der Dorn durchgedrückt, somit die Speichen des Segmentes gebildet. Behufs Lochens der Nabe wird der Stempel abermals gehoben, auf die für das Lochen schon durch den centralen Stempelansatz gebildete Vertiefung ebenfalls ein Dorn aufgesetzt und durchgedrückt.

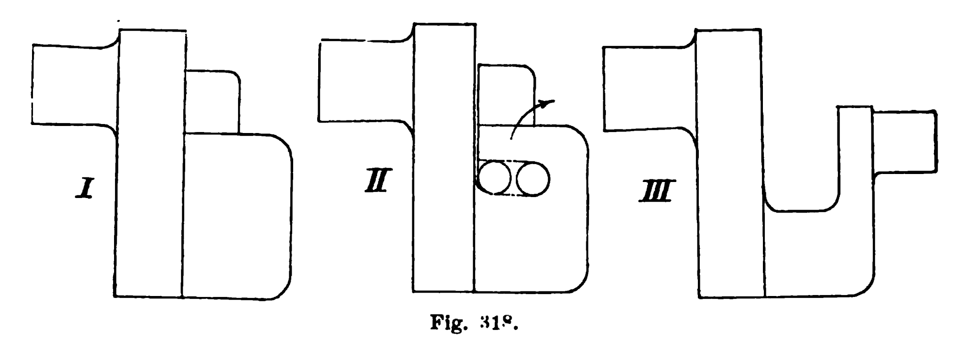


Fig. 318.

Zum Herausnehmen des nun fertigen Segmentes aus dem Gesenke befinden sich an den Seiten des schmiedeeisernen Ringes des Obertheiles zwei Haken, Fig. 317, mit welchen (nachdem die Spreizen entfernt wurden) durch die an den Plungerkopf der Presse befestigten Ketten das Aufheben erfolgt.

Hierauf werden auf den unteren Theil prismatische Klötze, Fig. 317, gelegt, der obere Theil auf diese gesetzt, die Ketten gelöst, der Stempel gehoben, und nun durch Auflegen einer Eisenplatte auf das noch im Obertheile befindliche Segment und Druckgeben mit dem Stempel das gepresste Stück oder Radsegment aus dem Gesenke oder Model gebracht.

Die Erzeugung in 10 Stunden aus zwei Oefen, einer zum Hammer, einer zur Presse, beträgt 24 Stück. Arbeitslohn beim Pressen 30 bis 35% des Arbeitslohnes beim Schmieden unter dem Hammer.

In der oben citierten Abhandlung sind noch andere Beispiele der Anwendung der Haswellpresse gegeben.

Ein schönes, der neuesten Zeit entnommenes Beispiel combinierter Anwendung der Schmiedepresse ist folgendes:

Das Stück I (Fig. 318) wird zunächst unter der Schmiedepresse im Gesenke gepresst, hierauf kalt geschlitzt, gebohrt und ausgestossen, wie II darstellt, sodann wieder glühend gemacht, unter dem Dampfhammer in die Gestalt III gebogen und nach neuerlicher Erhitzung unter der Schmiedepresse nochmals gepresst, worauf es der weiteren Bearbeitung zugeführt wird.

Für die Herstellung kleiner Schmiedestücke, insbesondere zur Fabrication von Nieten, Schraubenbolzen u. dgl. kann man sich mit Vortheil der Schraubenpresse von Vincent bedienen. (D. R. P. Nr. 1084 vom 31. August 1877.) Diese Maschine ist in Fig. 319 dargestellt.

Die Schraubenspindel S ist in zwei Lagern des Gestelles unverschiebbar gelagert und trägt an ihrem oberen Ende eine konische mit Leder armierte Frictionsscheibe F, die mit je einer der zwei auf der verschiebbaren Welle m aufgekeilten Frictionsscheiben F_1 F_2 zum Contact gebracht, eine rechts- oder linksläufige Bewegung erhält. Das die glühenden Bolzen aufnehmende Gesenk A ist in einen schweren Schlitten B eingesetzt, in dessen oberem Theile die Schraubenmutter für die Spindel S eingefügt ist. Das Gewicht dieses Schlittens ist durch die zwei an Kettenrollen hängenden Gewichte G G_1 ausgeglichen. Das Obergesenk befindet sich in dem unteren Theile der Schraubenspindel S. Wird die Schraubenspindel in Rotation versetzt, so bewegt sich der Schlitten mit gleicher Leichtigkeit auf oder ab, und es sammelt sich in ihm sehr viel lebendige Kraft; diese wird nun bei der Aufwärtsbewegung zur Stauchung des Niet- oder Schraubenkopfes benützt. In dem Momente, wo die Stauchung beginnt oder schon kurz vorher, wird der Frictionstrieb umgesteuert, und zwar entweder selbstthätig durch einen am Schlitten befestigten Anschlag C, der gegen die auf der Steuerstange E sitzenden stellbaren Mutterschrauben D wirkt und die Ausrückbewegung von E auf den Hebel H und weiter mittelst der Stange J auf den Winkelhebel K überträgt, gegen den sich die Welle m zufolge der auf den Winkelhebel K_1 wirkenden Gewichte stetig anlehnt oder durch den Arbeiter, der die Maschine bedient, vermittelst eines Druckes auf den Handgriff H_1. Das Ausstossen des fertigen Stückes erfolgt bei dem Niedergange des Schlittens durch die Ausstosstange L, indem diese das den Bodenstift des Gesenkes tragende Gleitstück M in seinem Niedergange aufhält, und so durch den Stift N das Auswerfen besorgt. Hierauf erfolgt die selbstthätige Umsteuerung durch Anschlagen von C an D_1, der

Arbeiter bringt einen neuen Bolzen ein und das Spiel der Maschine wiederholt sich. Um bei zu tiefem Hinabgehen des Schlittens Beschädigungen hintanzuhalten, sind bei *P* und *Q* Kautschukpuffer

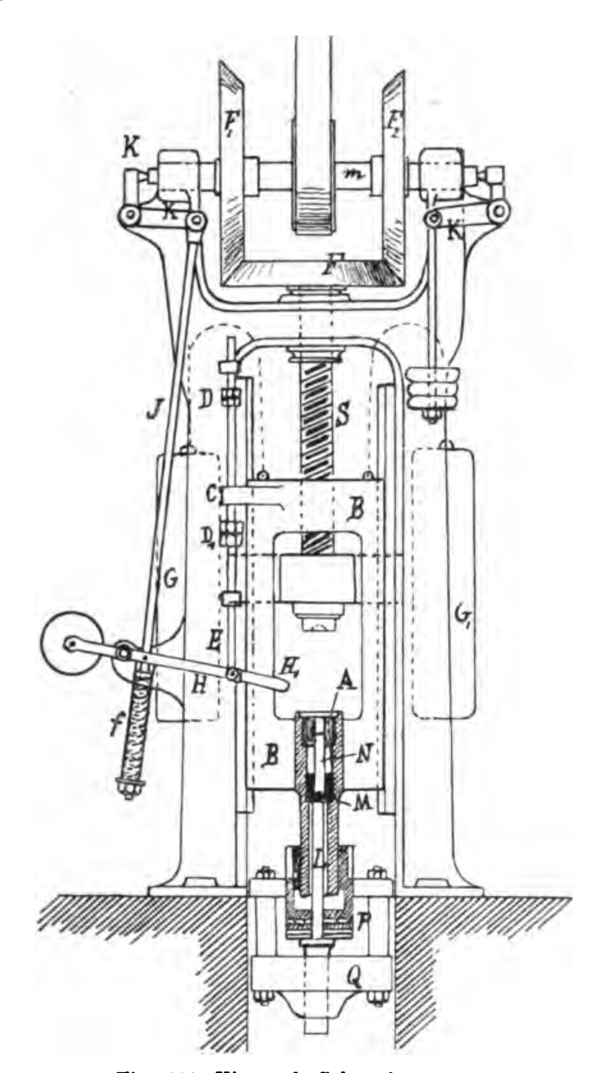


Fig. 319. Vincent's Schraubenpresse.

eingeschaltet. Die Leistung dieser Maschine beträgt 20 bis 30 Nieten pro Minute.

Alle Nieten, Schraubenbolzen u. dgl., sowohl jene durch Handarbeit erzeugten, als auch die von Maschinen fabricierten, zeigen an dem Nietkopfe einen unter dem Gesenke hervorgequollenen

Materialkranz. Dieser Kranz oder Bart rührt von dem kleinen Ueberschuss an Material her, den man stets zur Sicherheit der vollen Ausbildung des Setzkopfes anwendet und ist praktisch nicht zu umgehen. Um diesen Schönheitsfehler zu beseitigen, werden die Nieten meist appretiert. Die dazu benützten Maschinen unterscheiden sich sehr wenig von gewöhnlichen Durchstossmaschinen. Der Stempel, dessen Durchmesser gleich ist dem Durchmesser des Setzkopfrandes, enthält eine Bohrung zur Aufnahme des Nietschaftes und schert durch Eindringen in die Matrize, deren lichte Oeffnung gleich dem Stempelquerschnitt ist, den vorstehenden Grat oder Rand weg.

Für die Erzeugung von Nieten und Schraubenbolzen werden übrigens viele andere Specialmaschinen verwendet, ein Gleiches gilt von der Erzeugung von Muttern und Ketten, bei welchen man insbesondere bedacht ist, den Abfall auf das geringste Mass herabzubringen.*)

3. Abschnitt.

Das Walzen.

Für bildsame Materialien ist das Walzen jene Arbeitsweise, welche am raschesten und gleichförmigsten eine Vergrösserung der Länge bei Verminderung der Dicke bewirkt.

Es wirken in der Regel zwei Walzen gleichzeitig auf das Arbeitsstück, sie ziehen dasselbe ein und die unmittelbare Wirkung erstreckt sich auf jene Oberflächentheilchen, welche an den Walzen anliegen, die weiter ab liegenden Materialtheilchen werden durch Zug- und Druckfortpflanzung beeinflusst.

Die Art dieser Beeinflussung ist aus Fig. 320 ersichtlich, welche den Schnitt durch ein gewalztes Stück doppelt geschichteter Porzellanmasse darstellt. Diesen betreffs der Vorbereitung der Masse sehr mühsamen Versuch führte in den Siebzigerjahren mein Assistent Herr Ferdinand Polak durch. Aus Fig. 320 ist zu entnehmen, dass die verticalen Schichten in der Bewegungsrichtung der Walzen verzogen werden, weil die aussen liegenden Theile infolge des Reibungszuges voreilen. Wenn das in der Figur rechts liegende Ende des Walzstückes hiervon eine Ausnahme macht, so ist dies dadurch begründet, dass die obere Walze beim Beginne des Ver-

*) Einiges Hierhergehörige ist in Karmarsch-Heeren's techn. Wörterbuche. III. Aufl., bei den betreffenden Artikeln beschrieben, weit mehr findet sich in Dingler's polyt. Journal, in der Zeitschr. d. Vereines Deutscher Ingenieure u. a. a. O.

suches auf das eingelegte Ende des Walzstückes niedergelassen wurde, um es zu fassen, daher auf das Ende von oben drückend wirkte und sohin auch die dem Drucke entsprechenden Schichtenverschiebungen bewirkte. Das rechte Ende, bis zur fünften Verticalschicht, ist daher für die Wirkung des Walzens nicht massgebend, es sind dies nur die weiteren Schichten, welche den Walzvorgang gut erkennen lassen. Die Betrachtung unserer Figur zeigt die Zunahme des Abstandes der verticalen Schichtenlinien, hingegen die Annäherung der horizontalen. Das Material ist also recht complicierten Verschiebungen der Theilchen unterworfen und hört die Streckung erst auf, wenn die engste Stelle verlassen ist. Man denkt sich gewöhnlich die Durchgangsgeschwindigkeit des Walzstückes als genau übereinstimmend mit der Umfangsgeschwindigkeit der Walzen und glaubt, dass Erhöhungen oder Vertiefungen an den Walzen sich genau umgekehrt (negativ) und in denselben Abständen voneinander auf dem Walzstücke abdrücken müssen,

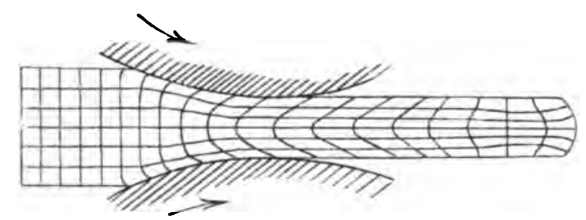


Fig. 320.

welche sie auf den Walzen besitzen; dies ist jedoch wegen der Streckung nicht der Fall. Denken wir uns am Walzenumfange z. B. vertiefte Linien parallel zur Walzenachse eingerissen, so werden am Walzstücke wohl Querrippen sich aufpressen, jedoch wird der Abstand derselben grösser sein als auf der Walze, und zwar um so grösser, je bedeutender das Abnahmeverhältniss der Höhen, respective die Streckung ist.

Die Theorie der Walzarbeit wurde mehrfach versucht, doch noch nicht befriedigend entwickelt. Eine sehr beachtenswerthe Arbeit ist die vom „Vereine deutscher Eisenhüttenleute" in der Zeitschrift „Stahl und Eisen" 1881, S. 57 bis 85, veröffentlichte Abhandlung, welche auf zahlreichen, eingehend durchgeführten Versuchen zu theoretischen Erkenntnissen zu gelangen versuchte. Der Versuch ist leider nicht vollständig gelungen, nichtsdestoweniger hat die Arbeit grossen Werth, weil sie Versuchszahlen lieferte, an welchen sich eine künftige theoretische Behandlung dieser schwierigen Aufgabe wird prüfen können. Herr Ingenieur E. Blass hat

eine Theorie versucht, „Stahl und Eisen", 2. Jahrg., Heft 7, und dürfte dieselbe das Beste sein, was bisher geboten wurde, doch befriedigt sie nicht vollkommen. Vgl. auch eine spätere Abhandlung über denselben Gegenstand in „Stahl und Eisen", 1884, S. 697.

Die Maschine, welcher die Aufgabe des Walzens zufällt, heisst Walzwerk. Hat dasselbe die Aufgabe, Luppen zu zängen oder die bereits unter dem Hammer gezängten Luppen zu Rohschienen auszuwalzen, so führt es den Namen Präparier-, Luppen-, Zäng- oder Rohschienen-Walzwerk; ist seine Aufgabe, aus den Packeten Stabeisen herzustellen, so heisst es Stabeisenwalzwerk u. s. w.

Gewöhnlich sind mehrere Walzenpaare, wie die Skizze Fig. 321 zeigt, derart verbunden, dass sie gemeinsamen Antrieb von der

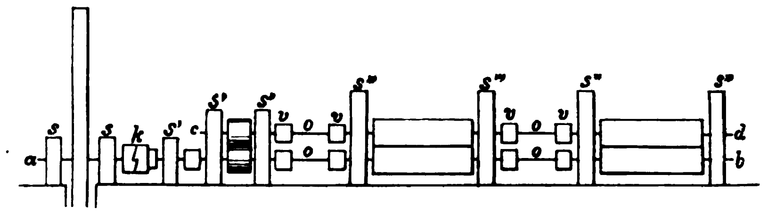


Fig. 321. Walzenstrasse.

Schwungradachse a erhalten. Eine solche Anordnung heisst Walzenstrasse oder Walzenstrecke. In unserer Figur bedeuten s die Ständer des Schwungrades, k ist die ausrückbare Kuppelung zwischen s und s', hierauf folgen die zwischen den Ständern s'' liegenden Getriebe (Krauseln) und zwischen s''' sind die Walzen gelagert. a b ist die untere, c d die obere Welle, diese Wellen laufen jedoch nicht durch, sondern sind durch die Brechköpfe v und Zwischenstücke o verbunden

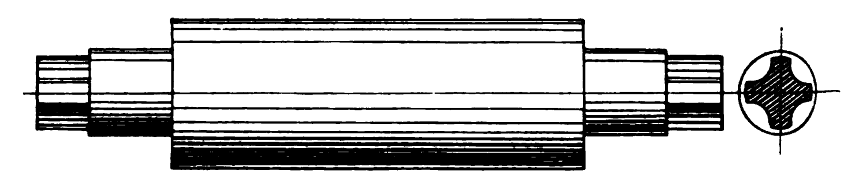


Fig. 322. Walze mit glattem Bunde.

Die Walzen bestehen aus dem mittleren Theile, dem sogenannten Walzenbunde (Fig. 322), den Lager- oder Laufzapfen und den Kupplungs- oder Kreuzzapfen. Der Walzenbund ist bei Blechwalzen und Universalwalzen glatt, bei den Rohschienen- und Stab-

eisenwalzwerken aber mit Einschnitten oder Calibern (Kalibern) versehen. Die Länge des Bundes ist gleich dem $2\frac{1}{2}$—$3\frac{1}{2}$fachen Walzendurchmesser. Der Querschnitt der Kuppelzapfen oder auch Kreuzzapfen ist aus Fig. 322 zu entnehmen. Den gleichen Querschnitt hat auch die kurze Kupplungswelle *v*, Fig. 321 Der Muff *v* ist dazu passend gestaltet und auf den Kupplungszapfen einerseits, auf die Kupplungswelle andererseits aufgeschoben. Um die Ver-

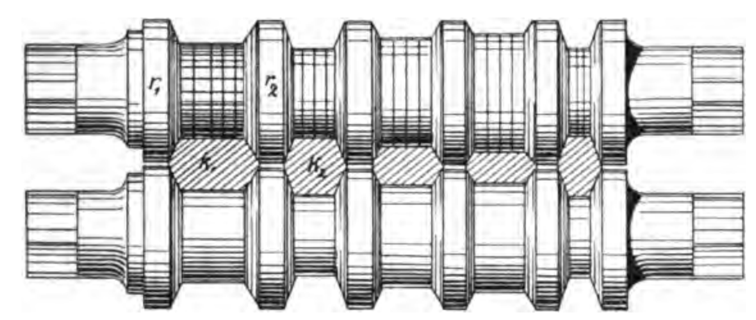


Fig. 323. Kaliber-Walzen.

schiebung des Muffs zu hindern, sind an die Kupplungswelle Stäbe angelegt und mit Bändern oder Reifen festgehalten. Der Muff oder Brechkopf wird absichtlich schwächer gehalten, damit bei vorkommendem Klemmen des Walzstückes kein Bruch der Walzen, sondern des Brechkopfes erfolgt. Der Abstand der oberen Walze von der unteren ist durch Schrauben einstellbar. Zwei zusammengehörige Kaliberwalzen sind in Fig. 323 mit im Durchmesser reducierten Walzen dargestellt, k_1 k_2... sind die Kaliber, r_1 r_2... die Walzenringe oder Remmel, welche das Walzstück seitlich begrenzen

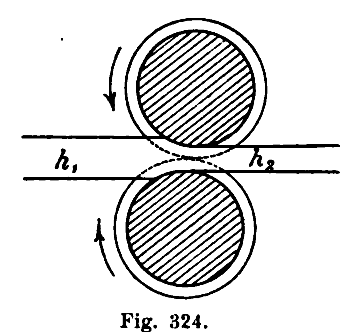


Fig. 324.

und daher die „Breitung'', d. i. den seitlichen Fluss des Materials nur soweit gestatten, bis Berührung mit den Walzenringen eintritt. Indem die Walzen im Sinne der Pfeile, Fig. 324, rotieren, fassen und zwängen sie das Walzstück durch den geringeren Kaliberquerschnitt. Dieses Fassen findet aber nur dann statt, wenn das Walzstück **nicht breiter** ist als das Kaliber und auch nur dann, wenn die Zugkraft der Walzen grösser ist als der vom Walzstücke in der Durchgangsrichtung geleistete Widerstand. In seiner Höhendimension wird das Walzstück von h_1 auf h_2 gebracht, es findet

also eine Höhenabnahme „Druck" statt. Der Länge nach erfolgt ein Strecken, eine Längenvermehrung; der Breite nach aber ist die Einwirkung, Breitung, verhältnissmässig gering, und zwar um so geringer, je leichter das Material sich strecken lässt,*) jedoch unter gleichen Umständen dann grösser, wenn die Höhenabnahme eine grössere ist. Indem der Zug der Walzen, d. i. die Reibung derselben am Walzstück, dieses zwischen den Walzenoberflächen durchdrängt, wirken die Walzen drückend auf das Walzstück, und man kann daher ganz wohl von einem Drucke in der Richtung der Höhe, vom sogenannten Höhendrucke reden; dieser Druck ist sehr bedeutend, bei grösseren Kalibern über 100.000 *kg*.

Will man von einem bestimmten Anfangsquerschnitt (des Packets) zu einem geometrisch ähnlichen Endquerschnitt gelangen, so ist die Anwendung einer Reihe von Kalibern nöthig, welche das Walzstück abwechselnd in gewendeter Lage, d. h. die Breite als Höhe gesetzt, passieren muss. Wollte man ein Walzstück quadratischen oder rechteckigen Querschnittes den Walzen zuführen, so kann dies, je nachdem die Kaliber gewählt sind, entweder so geschehen, dass eine der beiden Seiten oder auch die Diagonale als Höhe erscheint. Betrachten wir zunächst den ersten Fall, dann muss das gewählte Kaliber, damit es das Walzstück rein fassen kann, mindestens die Breite der horizontal gelegten Rechteckseite besitzen; die Höhe des Kalibers mag um $^1/_8$ niedriger oder gleich $^7/_8$ der Höhe des Walzstückes sein. Wir sagten, das Kaliber müsse mindestens die Breite des Walzstückes haben; denn sonst wirken die Walzenringe ein, schneiden Material ab, welches zu dünnen Lamellen ausgewalzt mit dem Walzstücke rechts und links zusammenhängen und die richtige Form beeinträchtigen würde, oder es findet überhaupt kein Einziehen statt. Auch dann, wenn das Walzstück genau einpasst, drückt sich durch die Breitung etwas Material zwischen die Walzenringe und bildet die Walznähte. Aus diesem Grunde macht man das Kaliber stets etwas weniges breiter. Durch den Durchgang erhält man nun ein Walzstück von geringerer Höhe aber derselben oder etwas grösserer Breite und durch analoge Wiederholung des Walzens durch mehrere Kaliber könnte man endlich zu einem rechteckigen Querschnitt geringerer Höhe gelangen. Man sieht, dass auf diesem Wege die verlangte geometrisch ähnliche Querschnittsendform nicht zu erzielen ist. Denkt man sich jedoch nach jedem Durchgange das Walzstück gewendet, so dass,

*) Dies erklärt die anfänglich überraschende Erscheinung, dass weicheres (oder heisseres) Material eine geringere Breitung aufweist als härteres. Daher bei gleicher Glühhitze Schmiedeeisen weniger in der Breite zunimmt als Stahl. (Tunner.)

was Höhe war, zur Breite gemacht wird, so hat die Breite jedes nächsten Kalibers stets um geringes die Höhe des vorhergehenden zu übersteigen, und man gelangt so zu einer Abnahme der Breiten- und Höhendimensionen, kann also die verlangte Schlussform erzielen.

Wird eine Diagonale zur Höhe, die zweite zur Breite gemacht, beim nächsten Durchgang die zweite Diagonale zur Höhe, die reducierte zur Breite, so kann man durch geeignete Fortsetzung auch auf diesem Wege zum Schlussprofil gelangen.

Es sieht nach dem Gesagten die Aufgabe, die richtigen Kaliber in den Walzen anzubringen, die Kalibrierung,*) sehr einfach aus; aber doch bietet sie grosse Schwierigkeiten, welche einerseits darin liegen, dass man in einer Hitze vom Packet, Fig. 325, bis zum Endproduct zu gelangen strebt, daher die Zahl der Kaliber möglichst herabzumindern hat, und mit möglichst wenig Walzen möglichst viele Endformen herstellen soll; andererseits aber bei Herstellung von Façoneisen die dann ungleich streckende Wirkung ein und desselben Kalibers mit der Beschaffenheit des Materials in Einklang bringen muss. Auch muss die Höhenabnahme so gewählt sein, dass die durch sie bedingte Breitung die richtige ist, d. h. das Kaliber ausfüllt. Ist der Druck zu stark, so entstehen schädliche Reibungen, selbst Kantenrisse. Exacte Regeln liegen nur für die einfachsten Formen vor.

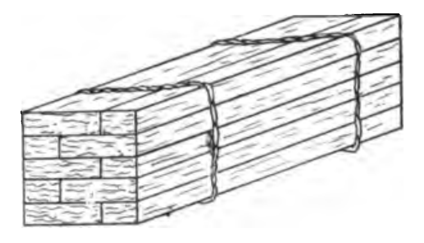


Fig. 325. Packet.

Die Kaliber sind bezüglich ihrer Aufgabe, ihrer Form und Lage in den Walzen sehr verschieden. In ersterer Hinsicht, also bezüglich des Zweckes oder der Aufgabe, lassen sich die Kaliber nach Tunner eintheilen in:

1. Schweisskaliber. Sie haben die Aufgabe, eine gute Verschweissung der einzelnen Schienen des Packetes zu bewirken.

2. Streck- oder Vorbereitungskaliber, welche thunlichste Streckung des Walzstückes bewirken sollen.

3. Entwickelungskaliber, welche die Endform allmählich bilden.

4. Vollend- oder Fertigkaliber, welche die Endform namentlich mit Rücksicht auf das Schwindmass ausbilden.

*) S. Tunner, Walzkalibrierung. Leipzig, Arthur Felix 1867. Daelen, Hollenberg u. Dickmann, drei gekrönte Preisschriften über Walzenkalibrierung. Berlin 1874.

Eine specielle Art der Entwickelungskaliber sind:

5. Die **Breitungs-** oder **Stauchkaliber**, durch welche gewisse Theile des Walzstückes (z. B. der Schienenfuss bei Eisenbahnschienen) ausgebildet werden.

Zu den Vollendkalibern gehören:

6. Die **Adjustierkaliber**, bestimmt zur Ausbildung der Kanten oder dergleichen.

Die Schweiss- und Streckkaliber liegen in den **Vorwalzen**, die Entwickelungs- und Vollendkaliber in den **Fertigwalzen**.

Der **Form** nach unterscheidet man:

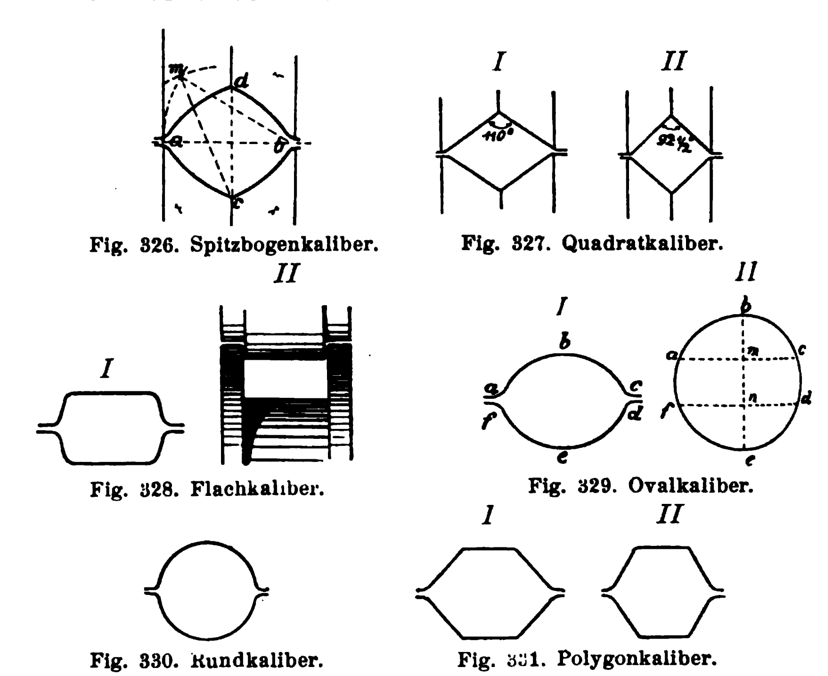


Fig. 326. Spitzbogenkaliber.

Fig. 327. Quadratkaliber.

Fig. 328. Flachkaliber.

Fig. 329. Ovalkaliber.

Fig. 330. Rundkaliber.

Fig. 331. Polygonkaliber.

1. **Spitzbogenkaliber.** Fig. 326 zeigt seine Construction. Gegeben ist ab und cd, welche im Verhältnisse von 10 zu 12 stehen können; die Bogenmittelpunkte m bestimmen sich, indem man von b und c (ebenso von je zwei anderen Eckpunkten) Kreisbogen vom Radius ab beschreibt; es ist daher $mb = mc = ab$.

Werden mehrere Spitzbogenkaliber hintereinander verwendet, so ist die Breite jedes folgenden gleich der Höhe des vorhergehenden mehr einem Zuschlage für die Breitung. Das Walzstück wird stets um 90^0 gewendet in das folgende Kaliber eingeführt.

2. **Quadratkaliber.** (Fig. 327 I und II.) Die erste Figur zeigt ein Quadratkaliber als Streckkaliber, die zweite als Vollendkaliber.

3. Flachkaliber. (Fig. 328 I und II.) Die erste Figur zeigt ein offenes, die zweite ein geschlossenes Flachkaliber.

4. Ovalkaliber. (Fig. 329 I und II.) Es besteht dasselbe aus den beiden Kreisbogensegmenten *abc* und *def*, welche, wie die zweite Figur darstellt, dadurch erhalten werden, dass man durch die Punkte *m* und *n* des verticalen Durchmessers Sehnen zieht; es ist $bm = mn = ne$.

5. Rund- oder Kreiskaliber (Fig. 330) ist stets nur als Vollendkaliber zu verwenden.

6. Polygonkaliber. (Fig. 331 I und II.) Die erste Figur zeigt ein Vorbereitungs-, die zweite ein Vollendkaliber.

Bei allen diesen Kalibern, mit Ausnahme von Fig. 328 II finden Abrundungen an den Walzenringen statt, wodurch das Einziehen befördert wird und das Walzstück leichter das Kaliber verlässt.

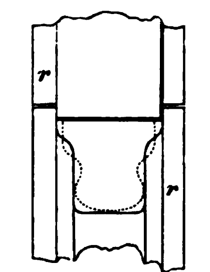


Fig. 332. Stauchkaliber.

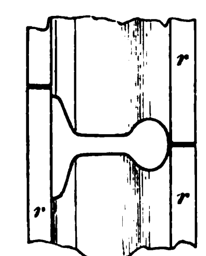


Fig. 333. Einseitig geschlossenes und getheiltes Kaliber.

7. Façonkaliber. Die Kaliber für Winkel-, T-, U-, Doppel-T-Eisen, Eisenbahnschienen etc. etc.

In Bezug auf die Lage der Kaliber in den Walzen unterscheidet man:

1. Offene oder getheilte Kaliber.
2. Geschlossene oder versenkte Kaliber.
3. Theils geschlossene, theils offene Kaliber.
4. Excentrische Kaliber, zu welchen auch die unterbrochenen und periodischen gezählt werden können.

Die offenen oder getheilten Kaliber können betreffs der Form allen vorstehend angegebenen sieben Hauptformen angehören; bezüglich ihrer Aufgabe sind es sowohl Schweiss- als Streckkaliber öfter auch Entwickelungs- und Vollendkaliber, seltener Adjustierkaliber. Die in Fig. 326, 327, 329, 331, gezeichneten Kaliber sind durchgehends offene.

Die geschlossenen oder versenkten Kaliber sind beispielsweise durch Fig. 328 II und 332 dargestellt. Der Form nach können es Flach- und Façonkaliber sein. Eine specielle Art der geschlossenen

Kaliber sind die Breitungs- oder Stauchkaliber und stellt ein solches Fig. 332 dar. Es hat dieses speciell den Zweck der Ausbildung, Breitung, des Schienenfusses. Die einpunktierte Linie deutet den Querschnitt des zugeführten Walzstückes an. Die geschlossenen Kaliber sind meist Entwickelungs- oder Vollendkaliber.

Als Beispiel eines theils geschlossenen und theils offenen Kalibers mag Fig. 333 dienen, es ist dies ein Adjustierkaliber zur Abrundung des Schienenkopfes. Das Bedürfniss für dieses Kaliber wird später klar werden.

Alle diese Kaliber laufen centrisch zur Walzenachse und sind nach Schablonen in den Walzenbund eingedreht.

Ist jeder einzelne Querschnitt durch die Walze zwar ein Kreis, liegt derselbe aber excentrisch zur Walzenachse, so nennt man ein solches Kaliber ein excentrisches. (Hierher gehören die Kaliber für die Fischbauchschienen.) Hören die Querschnitte auf, Kreise zu

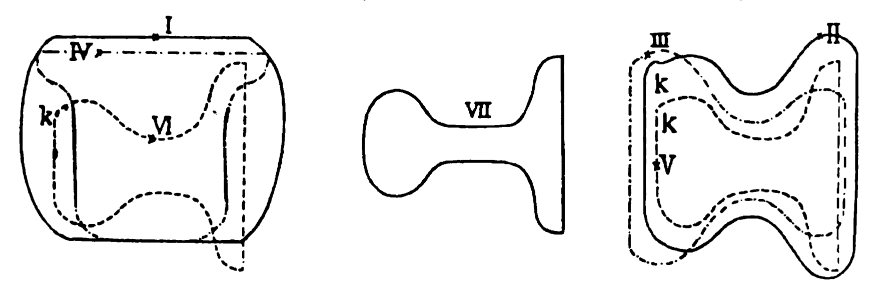


Fig. 334. Kaliber für das Walzen einer Grubenschiene.

sein, so werden die Kaliber unterbrochene, und falls die Unterbrechung im Walzenumfang sich zwei-, drei-... n-mal wiederholt, periodische Kaliber genannt. Unterbrochene und periodische Kaliber finden bei Feilenwalzen etc. Anwendung und wird durch dieselben die spätere Schmiedearbeit erleichtert.

Das Abnahmeverhältniss ist das Verhältniss eines Kaliberquerschnittes zum nächstfolgenden oder das Verhältniss des Querschnittes des eintretenden Walzstückes zu jenem des austretenden. Es ist dieses Verhältniss von der Beschaffenheit, Dimension und Form des Walzstückes und der Festigkeit der Walzen abhängig; es kann für grössere Stücke bei Flachkalibern 6 : 5 und 5 : 4, bei sehr heissem und weichem Material selbst 4 : 3 bis 3 : 2 betragen, ja für kleine Querschnitte selbst auf 2 : 1 steigen, wenn die Formen einfache sind, die Streckung daher gleichmässig erfolgt. Die Abnahme des Querschnittes findet hingegen bei Façoneisen häufig viel langsamer statt, weil das Kaliber dann insbesondere die Aufgabe der Formgebung zu erfüllen hat, der Höhendruck, respective

die Streckung des Walzstückes eine ungleiche ist und das Material dieser ungleichen Inanspruchnahme ohne Reissen Folge leisten muss.

Bei Spitzbogenkalibern findet für Schmiedeisen die Abnahme durch nachstehende, in Millimeter ausgedrückte Werthe des Constructionskreisdurchmessers (*a*, *b*, Fig. 326) seinen Ausdruck: 158, 132, 112, 98, 86, 75, 66, 59, 53, 46.

Durch die vorstehenden Fig. 334 I bis VII ist in 1/2 natürlicher Grösse die Aufeinanderfolge der Kaliber für die Herstellung einer Grubenschiene dargestellt, und sind hierbei die Kaliber in jener Lage gezeichnet, in welcher sie in den Walzen liegen. *I* ist das Schweisskaliber, *II* bis *V* sind Entwickelungskaliber (hierbei ist *IV* das Stauchkaliber), *VI* ist das Vollend- und *VII* das Adjustier-

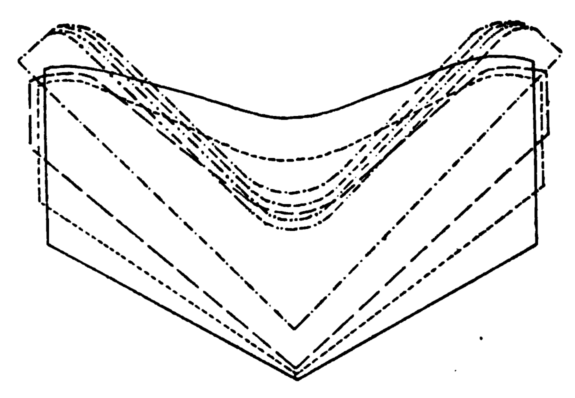


Fig. 335. Aufeinanderfolge der Kaliber für Winkeleisen.

kaliber zum Zwecke der Abrundung der Kante bei *k*. Diese Kante ist unvermeidlich, denn die Kaliber *II* bis *VI* sind versenkte Kaliber, und wollte man in diesen den Kopf bereits vollkommen abrunden, so müsste die obere Walze an der Kopfseite des Kalibers in eine scharfe Kante auslaufen, was nicht zulässig ist.

Fig. 335 stellt die Aufeinanderfolge der Kaliber bei der Herstellung von Winkeleisen vor. Sämmtliche Kaliber sind versenkte.

Was die Vertheilung des Kaliberquerschnittes in den Walzen betrifft, so wäre es zwar scheinbar am natürlichsten, beide Walzen gleichviel einzudrehen und so vom Kaliberquerschnitt je die Hälfte in jeder Walze anzubringen; aber in diesem Falle könnte das austretende Stück gleich leicht sich gegen die obere wie die untere Walze ausbiegen, ja selbst wickeln. In den Schweisskalibern könnte ein Spalten des Packetes eintreten, ein Wickeln des einen Theiles um die obere, des anderen um die untere Walze, wodurch ein

Bruch fast unvermeidlich würde. Man müsste an beiden Walzen Abstreichvorrichtungen anbringen, was für die Arbeit unbequem wäre. Dies wird vermieden und die Abstreichvorrichtungen (Walzenbank, Abstreifmeissel) können auf die untere Walze beschränkt bleiben, wenn man das Kaliber mehr in die untere Walze einlässt oder die obere Walze etwas grösser macht, weil dadurch das Walzstück die Tendenz erhält, gegen die untere Walze auszubiegen und sich um diese zu wickeln (wie Fig. 336 dies anzeigt), woran es eben durch die Abstreichbank gehindert ist. Bei getheilten Kalibern erhält die Oberwalze einen um 2 bis 3 *mm* grösseren Durchmesser; bei versenkten Flachkalibern wird der Durchmesser der Matrize um 2 bis 8 *mm* kleiner als der Durchmesser der Patrize gemacht; bei Façonkalibern legt man hingegen öfter über $^2/_3$ des Kalibers in die untere Walze, besonders dann, wenn die Form ein leichteres Hängenbleiben an der Oberwalze gestattet.

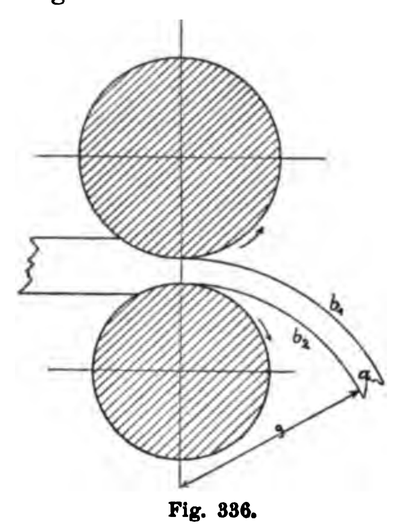


Fig. 336.

Einspringende Winkel, welche das Freilassen des Walzstückes verhindern, dürfen **n i e** vorkommen, und bei der Herstellung von Walzstücken, welche dies scheinbar unvermeidlich machen, wie z. B. die Nasenplatte (Fig. 337 *a*), walzt man das Stück so aus, wie Fig. 337 *b* zeigt, und biegt die Nase dann um, wobei der Raum unter der Nase frei bleibt.

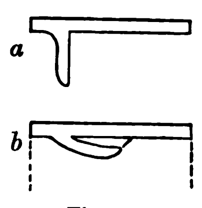


Fig. 337.

Wir haben hier noch jene Mittel zu besprechen, durch welche eine wesentliche Ersparniss an Kalibern, namentlich bei der Herstellung der verschiedenen Flacheisensorten, erzielbar ist. In dieser Beziehung sind die Stufen- oder Staffelwalzen und die Universalwalzwerke zu nennen.

Die Stufenwalzen, deren zwei von gleicher Gestalt, wie selbe durch die Fig. 338 gekennzeichnet ist, zusammenwirken, werden ausschliesslich als Vorwalzen für Flacheisen benützt und wird das Walzstück bei jedem Durchgange um 90° gedreht. Um ein Kippen des Walzstückes zu verhindern, was bei der Einführung auf der schmalen Seite leicht eintreten würde, müssen entsprechende Einführtrichter vorhanden sein.

Indem die Stufenwalzen keine seitlich begrenzten Kaliber aufweisen, so ist ihre Wirkung eine weniger vollkommene. Die Seitenflächen des Walzstückes nehmen keine beabsichtigte Gestalt an, sondern bilden sich (durch das sogenannte Fliessen des Metalles) convex aus. Als Vollendkaliber muss daher mindestens ein versenktes Kaliber angewendet werden.

Die Universalwalzwerke besitzen ausser den gewöhnlichen zwei horizontalen Walzen noch zwei verticale. Das Walzstück

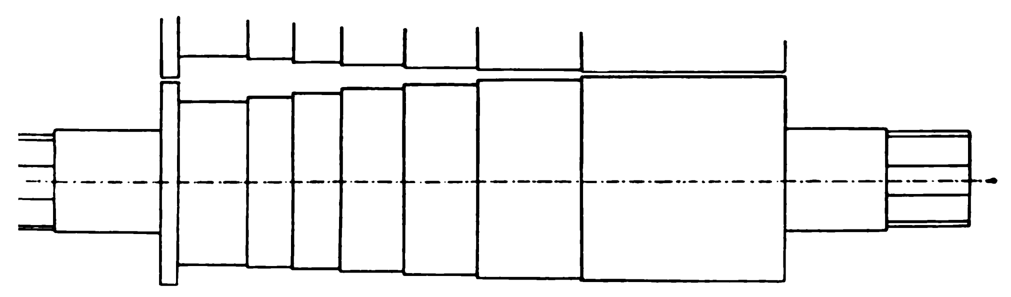


Fig. 338. Stufenwalzen.

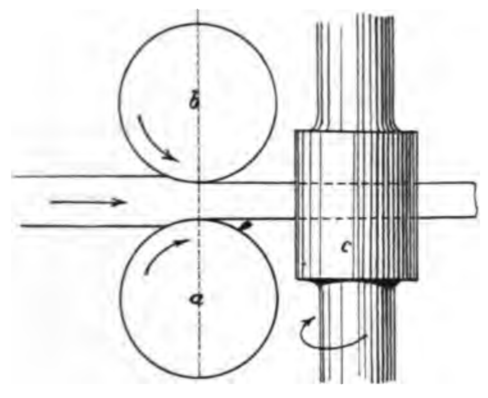


Fig. 339. Universalwalzen.

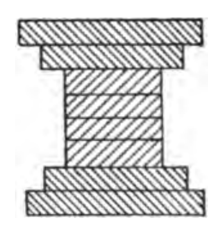


Fig. 340.

passiert zuerst die horizontalen Walzen und hierauf die verticalen. In diesen Walzen sind keine Kaliber angebracht, sondern die Walzenbunde sind flach. Hiervon machen die verticalen Walzen nur dann eine Ausnahme, wenn das Universalwalzwerk als Vorwalzwerk für Doppelt-T-Eisen dient, in welchem Falle sie convexe Umfläche besitzen (⊏⊐). Die Walzen *a* und *c*, Fig. 339, sind gewöhnlich fix gelagert, die Walzen *b* und *d* (hinter *c* liegend, daher in der Figur nicht sichtbar), sind parallel zu sich selbst gegen *a*, respective *c* verstellbar. Die Universalwalzen können keine so reinen Formen liefern als die Kalibrierung, weil die Pressungen nicht in derselben

Verticalebene ihr Maximum erreichen, sondern die verticale Pressung zwischen *ab*, die horizontale zwischen *cd* stattfindet. Hierdurch ist die Bildung reiner Seitenflächen und namentlich reiner Kanten nicht möglich. Das Universalwalzwerk kann daher nur als Vorwalzwerk gebraucht werden.

Zuweilen wird von der rechteckigen Querschnittsform des Packetes abgewichen und demselben eine Gestalt gegeben, welche der verlangten Endform näher liegt. Für das doppelt **T**- oder **H**-Eisen kann dies nach Fig. 340 geschehen.

Der Lösung der Aufgabe, vom Packet bis zur Schlussform in einer Hitze zu gelangen, ist bei der Anwendung nur zweier, nach der gleichen Richtung laufenden Walzen, dem Zweiwalzensystem oder den Duowalzen, der Zeitverlust hinderlich, welcher durch das Zurückbringen des Walzstückes zur Einlasseite entsteht. Nach dem Durchgange des Walzstückes wird dasselbe auf die obere Walze gehoben und dadurch auf die Einlasseite zurückgeführt, es erfolgt dies zwar ebenso rasch wie der Durchgang, aber doch findet während dieser Zeit eine Abkühlung statt.

Diesem Uebelstande begegnet man durch Umkehrung der Walzenbewegung mittelst der sogenannten Reversierwalzwerke oder durch das Dreiwalzensystem, Triowalzen, Fig. 341; beim Drahtwalzen aber durch die Schnellwalzwerke.

Das Dreiwalzensystem, Fig. 341, ist durch drei übereinander gelagerte Kaliberwalzen charakterisiert. Das Walzstück tritt in der Richtung 1 durch das erste Kaliber, welches in den Walzen *a* und *b* angebracht ist, und gelangt dann in der Richtung 2 in das zweite Kaliber, daher durch *b* und *c* wieder auf die frühere Seite zurück. Das dritte, fünfte und siebente Kaliber liegt wieder in *a b*, das vierte, sechste, achte in *c b*, es findet das Walzen daher nach beiden Richtungen statt. Die Schwierigkeiten dieses Systems liegen in der Vertheilung der Kaliber, sie sind aber überwunden und das Dreiwalzensystem sehr verbreitet.

Sind die Kaliber der Triowalzen keine Façonkaliber, sondern Spitzbogenkaliber, dann ist es möglich, in demselben Kaliber der Mittelwalze nach beiden Richtungen zu walzen. Man hat dann nicht doppelte Kaliber und erspart an Walzenlänge. Dieser Vortheil wird einfach dadurch erreicht, dass man der oberen Walze, wie Fig. 342 zeigt, flachere Bogen gibt.

Bezüglich der Reversierwalzwerke ist hervorzuheben, dass man dieselben in neuerer Zeit allgemein mit sehr kräftigen Reversierdampfmaschinen (2000 bis 5000 Pferdekräfte) antreibt. Das Schwungrad, welches bei den sonstigen Walzenzugsmaschinen die er-

forderliche Arbeit ansammelt und abgibt, entfällt, und aus diesem Grunde muss die Maschine überaus kräftig gehalten werden. Der Vortheil für den Walzbetrieb, insbesondere für die Herstellung von Eisenbahnschienen und Kesselblech, ist deshalb ein so bedeutender, weil in einer Hitze sehr grosse Ingots zu fertiger Waare verwalzt werden können. Es war ehemals schon viel, und geschah ausnahmsweise, wenn Eisenbahnschienen in doppelter Gebrauchslänge hergestellt wurden, jetzt kann man bis zur vierfachen Länge und selbst darüber walzen. Da die sogenannten Zopfenden, d. i. Anfang und Ende, in der Länge von etwa 0·7 *m* unrein ausfallen und weggeschnitten werden müssen, dieser Abfall bei beliebiger Walzlänge derselbe ist, so hat man z. B. bei dreifacher Schienen-

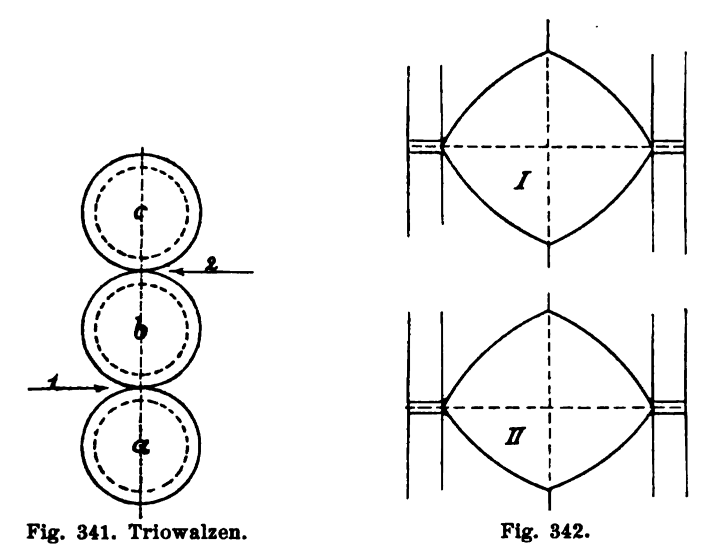


Fig. 341. Triowalzen.

Fig. 342.

länge den gleichen Abfall wie bei einfacher, auf eine Schiene bezogen daher nur den dritten Theil.

Bei den Blechwalzwerken benützt man Walzen mit glattem Walzenbunde, und falls man das Dreiwalzensystem verwendet, so hält man die Mittelwalze nach Laught viel schwächer, weil diese die Streckung bei geringerer Pressung und Kraft bewirkt. Die dünnere Mittelwalze erhält ihre Stützung stets durch eine der beiden dicken Walzen, gegen welche sie angedrückt wird. Bei den Blechwalzen dürfen die Achsen, wie wir wissen, nicht in einer Verticalebene liegen (S. 224).

Dünnere Bleche werden kalt unter öfterem Ausglühen gewalzt. Das Glühen muss sehr gleichmässig erfolgen und wendet man hierzu Muffelöfen an.

Je feiner die Bleche gewalzt werden, um so mehr kann man gleichzeitig in einem Packe walzen, nur muss man zwischen die einzelnen Bleche Graphit oder Specksteinpulver stauben oder mit einer Bürste gut vertheilt aufpinseln, damit kein Zusammenwalzen erfolgt. Die Walzen müssen sehr genau cylindrisch sein, damit die Bleche eben bleiben, aus demselben Grunde müssen die Platten, von welchen aus die Walzarbeit beginnt, vollkommen gleiche Dicke besitzen.

Bei der Herstellung von Kupfer-, Messing-, Argentan- und Silberblechen geht man von gegossenen Platten aus, deren Guss in eisernen Formen erfolgt.

Man kann Blech bis herab zu $^1/_{10}$ *mm* walzen; noch etwas feiner schlagen. Die ausserordentlich dünnen Blätter (bis $^1/_{9000}$ *mm*), welche als Blattgold, Blattsilber etc. zu Zwecken der Vergoldung u. dgl. Anwendung finden, können aber nur nach dem Verfahren der Goldschlägerei erhalten werden. Man legt hierbei zuerst zwischen quadratische Pergamentblätter je ein kleines quadratisches Feinblechstückchen, umschliesst den gebildeten Stoss mit kreuzweise übergelegten Pergamentschleifen und treibt mit dem Goldschlägerhammer so lange, bis die Blätter die Grösse der Pergamentblätter angenommen haben, dann zerschneidet man diese dünnen Blätter wieder in kleine quadratische Stücke und verfährt nochmals so. Ein drittes- und viertesmal findet das Schlagen zwischen Goldschlägerhäutchen (Oberhaut des Blinddarmes der Rinder) statt.

Das Walzen von Eisendraht erfolgt in neuerer Zeit bis zu 5 *mm* Durchmesser mittelst der sogenannten Schnellwalzwerke, bei welchen der Draht mehrere Kaliber zu gleicher Zeit passiert, daher es möglich wird, in einer Hitze von armdicken Zaggeln bis zum fertigen, 5 *mm* dicken Drahte zu gelangen.

Fig. 343 gibt die Disposition eines solchen Walzwerkes im Grundrisse. Es bezeichnet D den Cylinder der Dampfmaschine, Z das verzahnte Schwungrad derselben, das in das Stirnrad z eingreift. In den Walzenständern liegen je drei Walzen w übereinander, von denen die mittleren durch Kupplung mit der Welle von z angetrieben werden. Um den Arbeitern das Einführen des Walzdrahtes in die Kaliber zu erleichtern, sind vor die Walzen w beiderseits starke Blechtafeln aufgestellt (hier weggelassen), die nur an den passenden Stellen Einführungstrichter besitzen. Da der Walzdraht bei vorgeschrittener Verstreckung oft vier bis fünf Kaliber gleichzeitig passiert, und die Arbeiter, die das Einführen des austretenden Endes durch eine rasche Wendung ihrerseits vollführen, in den so gebildeten Drahtschlingen stehen, so ist als

Sicherung jedem ein Eisenpfahl zur Seite gesetzt, um ihn gegen das Zuziehen dieser Schlingen, welches zwar, da die Walzen immer mehr liefern als sie einziehen, nur bei einem Steckenbleiben eintreten kann, zu schützen. Knaben erhalten mit Hilfe eiserner Haken *h* die Ordnung dieser Schlingen aufrecht. Der aus dem letzten (runden) Kaliber austretende, noch roth glühende Draht

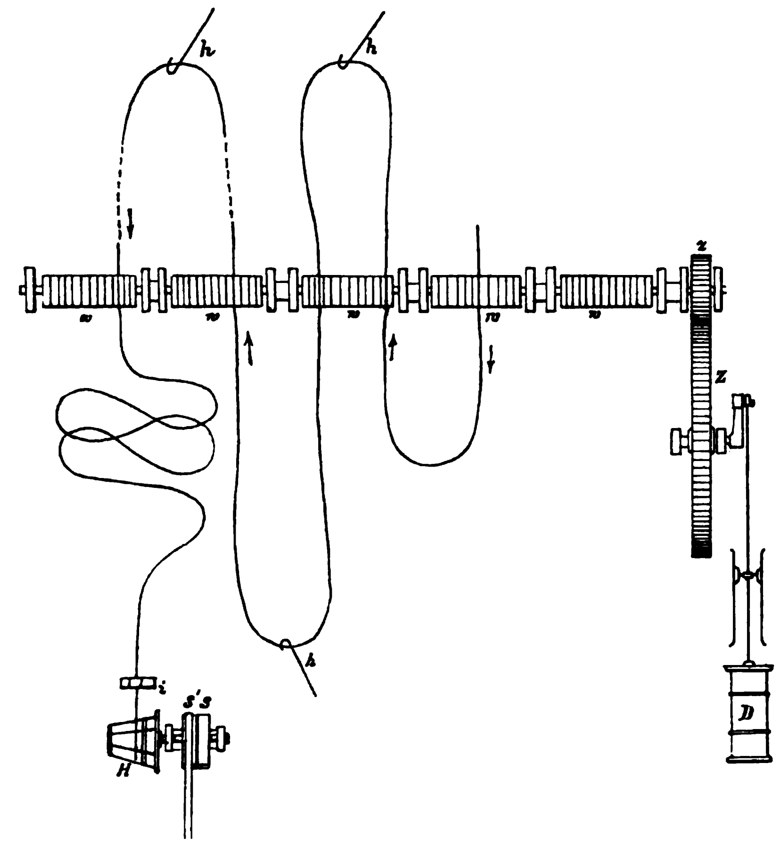


Fig. 343. Schnellwalzwerk.

wird unmittelbar zu einem eisernen Haspel *H* gebracht und hier durch die Transmission aufgewickelt. Ist die ganze Länge aufgewickelt, so wird der Riemen von der Vollscheibe *s'* auf die Leerscheibe *s* gestellt, das Ende des Drahtes mittelst einer Zange um den gebildeten Drahtbund herumgeschlungen, und dieser abgenommen, um dem rasch folgenden nächsten Platz zu schaffen. Der so erzeugte Draht braucht nur, um den Glühspan zu entfernen, gescheuert oder mit verdünnter Schwefelsäure abgebeizt und

mit Kalkmilch entsäuert zu werden, um sofort auf die Ziehbank gebracht werden zu können. Die Geschwindigkeit der Drahtlieferung beträgt in der Sekunde circa 7 *m* und können in einer Schicht 45.000 *kg* Draht erzeugt werden.*)

Drähte aus Kupfer, Messing u. dgl. werden, weil nicht so massenhaft gebraucht, nicht in derselben Weise bis zu 5 *mm* Dicke gewalzt, sondern gewalzte Stäbe von 15 bis 20 *mm* Durchmesser werden auf Schleppzangen-Ziehbänken (s. unten) weiter gezogen.

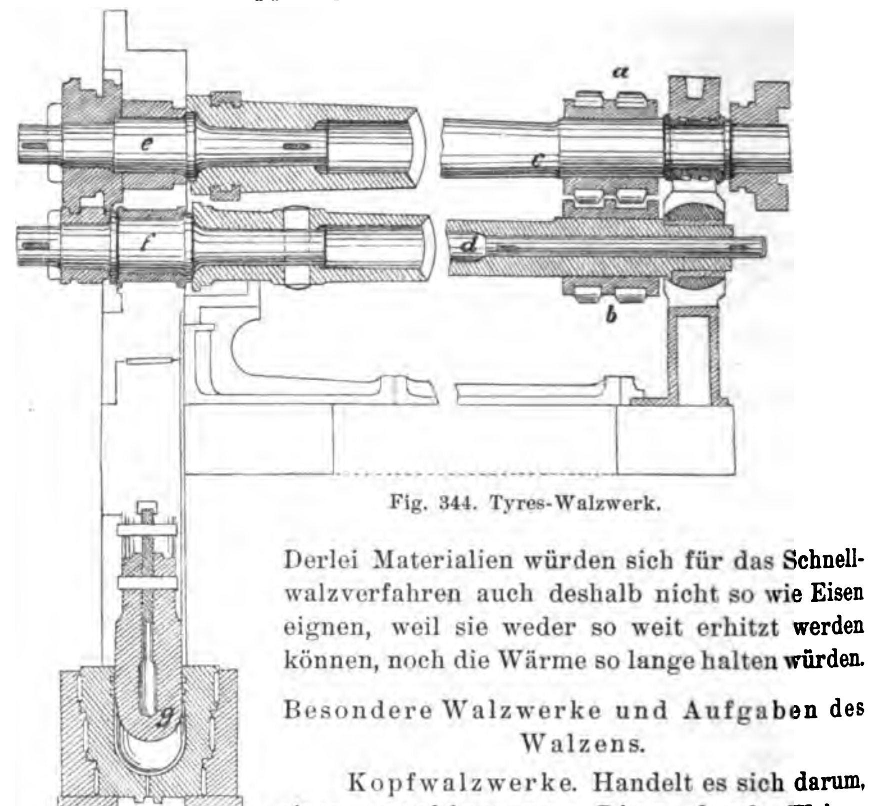


Fig. 344. Tyres-Walzwerk.

Derlei Materialien würden sich für das Schnellwalzverfahren auch deshalb nicht so wie Eisen eignen, weil sie weder so weit erhitzt werden können, noch die Wärme so lange halten würden.

Besondere Walzwerke und Aufgaben des Walzens.

Kopfwalzwerke. Handelt es sich darum, einen geschlossenen Ring durch Walzen wesentlich zu erweitern, so muss von der bisher betrachteten Anordnung der Walzen abgesehen werden, für diese Aufgabe müssen Kopfwalzen in Verwendung treten, d. h. solche, deren arbeitende scheibenförmige Walzen frei aus dem Ständer ragen und das Einlegen und Ausheben eines Ringes leicht möglich machen. Der zu walzende Ring muss als solcher bereits vorhanden sein und wird er bei der Fabrication der Tyres oder Bandagen aus einer vollen Eisenscheibe hergestellt.

*) Es entspricht dies der Ladung von $4^1/_2$ Waggons.

In diese Eisen- oder Stahlscheibe wird ein Trunkus zuerst von der einen, dann von der Gegenseite centrisch eingetrieben und hierdurch unter Ausstossung einer nur ganz dünnen Materialplatte ein Ring gebildet. Unter einem zweiten Dampfhammer mit besonderem hornähnlichen Amboss wird dieser Ring so weit erweitert, dass er in das Kopfwalzwerk gebracht werden kann, welches in Fig. 344 im Schnitte skizziert ist.

Unsere Figur zeigt die obere Walze fix gelagert, während die untere mittelst hydraulischer Vorrichtung gehoben werden kann. Die Oberwalze ist die unmittelbar angetriebene, von welcher durch die Räder *a b* die Unterwalze mitgenommen wird. Das rechtsseitige Lager der Unterwalze ist ein Kugellager, das linke *f* ruht

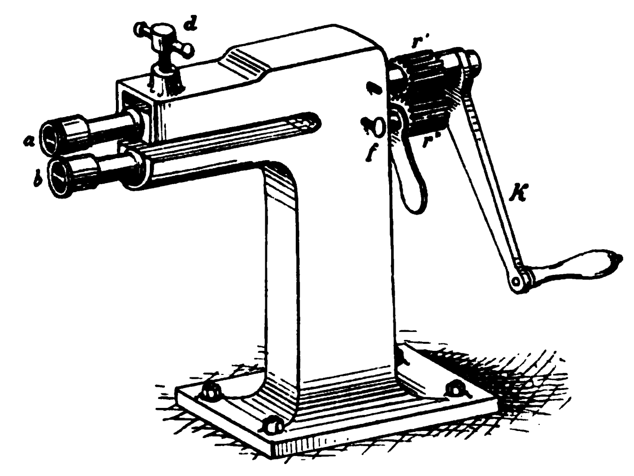


Fig. 345. Siekenmaschine.

auf dem Piston *g* der hydraulischen Presse. Bei anderen Constructionen ist das Lager der Oberachse verstellbar. Bringt man beide Walzenköpfe in genügenden Abstand, so lässt sich der vorgeschmiedete Ring einführen und durch fortgesetzten Andruck allmählich bis zur verlangten, oft bedeutenden Grösse erweitern.

Zur Blecharbeit verwenden die Klempner oder Spengler kleine Kopfwalzwerke, welche als Siekenmaschinen, Bördelmaschinen, Falzmaschinen etc. eine häufige Anwendung finden.

Fig. 345 zeigt eine Siekenmaschine im Bilde und die Fig. 346 und 347 zeigen einige Anwendungen. Die Walzen *a b* können je nach der beabsichtigten Arbeit ausgewechselt werden. Will man einen Blechstreifen oder einen Blechring façonnieren (__—⁀), wozu man bei Handarbeit den Siekenstock und Siekenhammer verwendet

(s. S. 303), so wendet man zwei zusammenpassende, façonnierte Walzen, Siekenwalzen, an, deren eine grössere Zahl den Siekenmaschinen beigegeben wird und die auch nach Bedarf durch Drehen

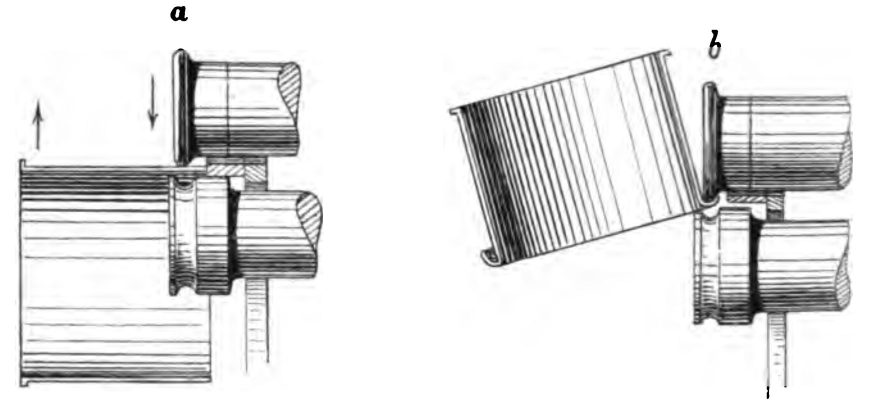


Fig. 346. „Vornehmen".

hergestellt werden können. Die obere Walze wird hierbei allmählich durch die Druckschraube *d* tiefer gestellt; die untere Walze kann durch den Arm bei *f*, welcher ein als schiefe Ebene wirkendes Auge besitzt, in der Längsrichtung etwas verschoben, beziehungsweise exact eingestellt werden. Für gerade Blechstreifen und Ringe dient ein linealartiger Anschlag, welcher verschiebbar mit der Maschine verbunden ist, als Führung. Soll hingegen der Rand einer kreisförmigen Blechscheibe die Cannelierung erhalten, so ist mit der Maschine eine das Blech im Centrum klemmende Einspannvorrichtung verbunden, wie eine solche im Abschnitte Scheren bei den Kreisscheren beschrieben wird.

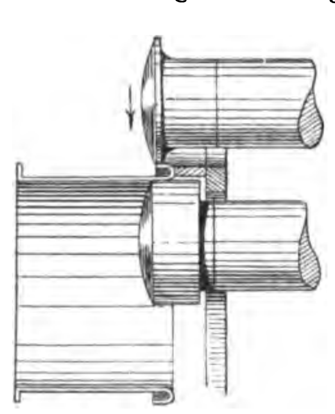


Fig. 347. „Zulegen".

Die Fig. 346 *a* und *b* zeigen das sogenannte Vornehmen, d. i. das Umbiegen eines Blechrandes; diese Arbeit ist dem Falzen sehr ähnlich, nur wird bei letzterem der Rand im scharfen Winkel mit Zuhilfenahme etwas anders geformter Walzen aufgebogen.

Auf die Arbeit des Vornehmens kann jene des Zulegens folgen, bei welcher, wie Fig. 347 zeigt, der umgebogene Rand zu einem Wulste geschlossen wird. Gibt man vor dem Zulegen einen Drahtring in den vorgenommenen Rand, so wird die Steifigkeit

des Randes erhöht und zugleich ein schön gerundeter Wulst erhalten. (S. Näheres im Artikel Blechbearbeitung in Karmarsch-Heeren's techn. Wörterbuche, III. Aufl.)

Kollarwalzen. Ein eigenthümliches Walzstück sind die Kollare für die Kettenbrücken, welche aus zwei Kreisscheiben und einem vierkantigen Verbindungsstücke bestehen (●——●). Zunächst wird eine Schiene hergestellt, welche aus massigeren Enden und schwächerem Mittelstücke besteht (■——■). Dieses Stück wird einem Walzwerke zugeführt, welches zwei Scheibenpaare besitzt, deren Abstand jenem der dicken Enden der Schiene entspricht. Diese wird nun parallel zu den Walzen gelegt und durchgewalzt, und zwar so lange, bis die verdickten Theile die Gestalt einer Ellipse angenommen haben und ihre Dicke gleich geworden ist der Dicke der Verbindungsschiene. Ist dies geschehen, so kommt das Stück neuerlich in den Glühofen und wird dann in seiner Längenrichtung zwischen glatten Walzen gestreckt, wodurch die *O*-Form

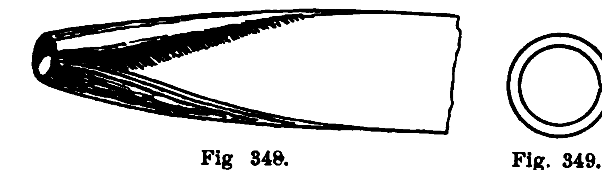


Fig 348. Fig. 349.

der Enden in die Kreisform übergeht und die Kollare auf die gewünschte Länge gebracht ist.

Röhrenwalzen. Die einfachste Methode des Röhrenwalzens findet zur Erzeugung der gewöhnlichen Leuchtgasröhren Anwendung, welche aus einem entsprechend breiten Flacheisen (Bandeisen) mit stumpfer Schweissung hergestellt werden. Zuerst wird der glühende Streifen eingerollt, d. h. in die Form Fig. 348 dadurch gebracht, dass man ihn zunächst durch Handarbeit an einem Ende röhrenartig biegt und dann durch ein trichterförmiges Eisen mittelst der im nächsten Abschnitt zu besprechenden Schleppzangen-Ziehbank zieht. Die so vorbereiteten eingerollten Flachschienen werden im Schweissofen erhitzt und hierauf bei der Passage durch Walzen mit Rundkalibern geschweisst, wenn man die Schweissung nicht ebenfalls durch rasches Ziehen erzielt.

Eine zweite Gattung von Röhren, welche vollkommenere Schweissung durch Ueberlappung aufweisen und gewöhnlich als Siederohre für Locomotivkessel Anwendung finden, wird aus entsprechend breiten 3 *mm* dicken Flachschienen hergestellt, deren Ränder auf einer speciell eingerichteten Hobelmaschine schräg ab-

gestossen werden. Die Einrollung erfolgt wie bei den Gasröhren durch Ziehen, wodurch das Rohr nach Fig. 350 für die Schweissung vorbereitet ist. Nach entsprechender Erhitzung im Schweissofen findet die Schweissung durch walzen statt, und zwar findet das Walzen über einen Dorn statt, worauf wir im nächsten Abschnitte zurückkommen.

Sowohl die Gasröhren als die Siederöhren werden auf einer sogenannten Röhrenprobiermaschine auf die Schweissung geprüft. Das Rohr wird so eingespannt, dass die beiden Endflächen an Dichtungen fest anliegen und luftdicht abgeschlossen sind. Durch den einen Dichtungsring führt ein Röhrchen, durch welches man Druckwasser bestimmter Spannung zuführt. Nachdem die Luft aus dem Rohre verdrängt und die Dichtung durch festeres Anziehen einer Schraube vollkommen hergestellt ist, gibt man jenen Druck, auf welchen das Rohr geprüft werden soll. Natürlich liegt dieser Druck bei den Gasröhren viel niedriger als bei den Siederöhren.

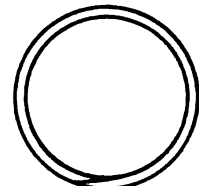


Fig. 350.

Das Röhrenwalzen beschränkt sich bei beiden erwähnten Rohrgattungen eigentlich auf das Schweissen; das Einrollen, die Bildung der Rohrform erfolgt durch Ziehen. Ein eigentliches Rohrbilden aus dem vollen Block durch Walzen findet hingegen bei dem Mannesmannverfahren statt.

Das Röhrenwalzen nach Mannesmann.

Aus einem vollen, hellglühenden cylindrischen Block wird durch das Mannesmannverfahren ein Rohr durch den Reibungszug der Walzen gebildet.

Mannesmann nennt dieses erste Walzwerk, welches die rohen Rohre liefert, Blockwalzwerk und die Operation selbst „Blocken".

Das Blockwalzwerk besteht aus einer Leitung für den zugeführten Block, welcher sich in heller Glühhitze befindet, aus zwei Streck- und einer Führungswalze, einer Führungsschiene, respective Sicherung gegen das Durchfallen des Blockes, endlich einem Gegendorne mit Stange und Bock. Die hauptsächlich arbeitenden Werkzeuge sind die beiden Streckwalzen, welche gegeneinander etwas windschief liegen. In den beiden schematischen Figuren 351 und 352*) stellen *a* und *b* die Streckwalzen, *o* die Führungswalze, *s* die Sicherungsschiene vor.

*) Aus meiner Abhandlung über das Mannesmannröhrenwalzen. Techn. Blätter, Jg. 1892.

Die in der Richtung der Pfeile mit grosser Geschwindigkeit rotierenden Walzen *a* und *b* ertheilen auch dem Blocke eine rotierende Bewegung, sie fassen das glühende Stück und zwängen die oberen Schichten vermöge der windschiefen Stellung, beziehungsweise der schrägen Lage der berührenden Kreise in der Richtung des Durchganges, sie sind die eigentlichen Arbeitswalzen, während die Walze *o* nur mithilft, indem sie den Block verhindert, gegen oben auszuweichen.

Dort, wo das Walzstück der Einwirkung der Arbeitswalzen *a*, *b* ausgesetzt ist, steht dem sich bildenden Rohre ein Dorn entgegen, dessen Spitze durch eine an der Stirnseite des Blockes angebrachte Vertiefung sofort seine Einstellung erhält. Dieser Dorn befördert die Rohrbildung und kneten die Walzen *a b* gleichsam das Material über denselben hinüber.

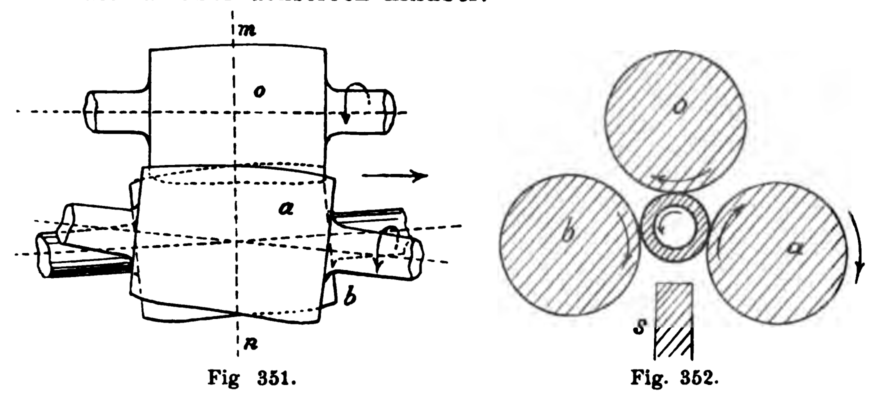


Fig 351. Fig. 352.

Da die Achsenlage der beiden Arbeitswalzen *a* und *b* nicht viel von der horizontalen abweicht, so ist die Vorschubgeschwindigkeit im Verhältnisse zur Rotationsgeschwindigkeit gering, das Walzstück rotiert sehr rasch und tritt langsam über dem Dorne, welcher mit rotiert, als Rohr aus den Walzen.

Indem sich das gebildete Rohr über den Dorn zwängt, sucht es ihn zurückzudrücken, daher muss der Dorn gestützt sein. Diese Stützung erfolgt dadurch, dass der Dorn drehbar an dem Ende einer Stange *s* (eines Rohres) sitzt, welche mit ihrem anderen Ende in den drehbaren Kopf eines Bockes eingesetzt ist. Auf die Stange sind Muffe *m* geschoben, welche ihr Durchbiegen hindern, denn sie führen sich selbst wieder in einem kräftigen, zwischen Walzengerüst und Bock festgestellten Rohre.

Fig. 353 zeigt diese Anordnung. *d* ist der Dorn, *R* der im Walzen begriffene Block, *s* die den Dorn tragende hohle Stange, *m* der auf sie aufgeschobene Muff, *F* das Führungsrohr des Muffes.

Das gebildete Rohr schiebt den Muff vor sich her. Der Abstand des Bockes vom Walzgerüst ist entsprechend der Rohrlänge, welche erzeugt werden soll, veränderlich. Diesem Abstande entsprechend wird auch die Länge der Stange *s* und des Führungsrohres *F* gewählt. Der Bock ist mit einem sehr massiven Drehbügel versehen, in welchem sich die drehbare, bei der Arbeit rotierende Büchse befindet; in diese wird das viereckige Stangenende eingesteckt, das seine Stütze in Bügel und Bock findet.

Nach jedem Walzvorgange wird der Bügel zur Seite gedreht, dadurch das Stangenende frei und es kann das gebildete Rohr über die Stange durch das fixe Bockgerüst abgezogen werden.

Bei meiner Anwesenheit im Komotauer Röhrenwalzwerke wurden sehr dickwandige, kurze Rohre von etwas über 1 *m* Länge hergestellt; die Vermehrung des Durchmessers des Blockes mag von 100 auf 130 *mm*, die Längenvergrösserung auf das $1^3/_4$fache erfolgt sein. Bei dem ersten Durchgange wurde das Rohr in roher

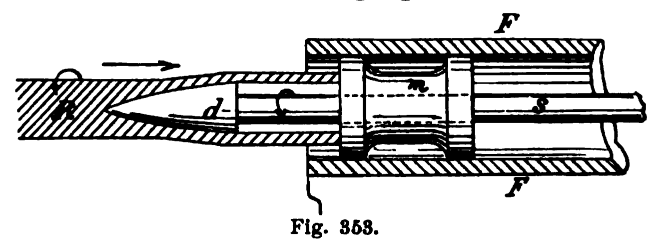


Fig. 353.

Form erhalten, beim zweiten Durchgange bei etwas veränderter Walzenstellung gut gerade gerichtet. Der Walzvorgang wirkt wohl auf jeden Fachmann, welcher zum erstenmale Gelegenheit hat denselben zu sehen, geradezu verblüffend.

Ist im Block ein grösserer Fehler, so reisst das sich bildende Rohr auf und gibt Ausschuss. Es kann daher das Mannesmann'sche Walzverfahren als eine ausserordentlich intensive Qualitätsprobe bezeichnet werden und gibt ein Mannesmannrohr schon an sich eine weit grössere Garantie für gute, zähe Materialbeschaffenheit als irgend ein nach anderer Methode hergestelltes Rohr.

Ausser dem Blocken findet auch das Erweitern mittelst eines besonderen Walzwerkes, des Erweiterungswalzwerkes, statt, wobei Rohre von ca. 200 *mm* Durchmesser auf etwa 300 *mm* bei einem Durchgange gebracht wurden. Auch bei dem Erweiterungswalzwerke ist ein Dorn in Verwendung, ebenso gestützt, wie dies beim Blockwalzwerke besprochen wurde; desgleichen eine Führung für das hellglühend eintretende Rohr.

Das Erweiterungswalzwerk kann im Principe durch Fig. 354 gekennzeichnet werden (s. Reuleaux, Zeitschr. d. Ver. deutscher Ingenieure, 34. Bd., S. 621).

Die beiden Scheiben *a*, *b*, Fig. 353, bewegen sich gleich schnell, die Pfeile deuten die Bewegungsrichtungen an, das Walzstück *c* und der Dorn *d* rotieren gemeinsam, während sich das Rohr erweitert und mit dem erweiterten Theile den die Dornstange stützenden Muff vor sich herschiebt, ähnlich wie dies beim Blockwalzwerk beschrieben wurde. Führungen verhindern das Ausweichen des Stückes.

Auch hier können an den Walzenkegeln Treibwülste angebracht sein und soll die Anordnung, im umgekehrten Sinne ausgeführt, auch als Verengerungswalzwerk zur Anwendung gelangen können.

Durch das Erweiterungswalzwerk werden Rohre bis zu be-

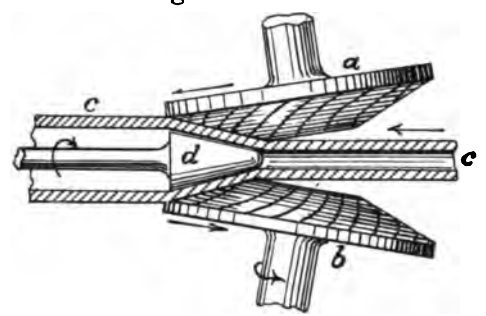


Fig. 354. Erweiterungs-Walzwerk.

deutenden Durchmessern hergestellt; indessen verlangt eine exacte Formgebung doch noch nachfolgendes Ziehen auf Ziehbänken.

Da sich das Verhältniss zwischen dem Dorne und den konischen Scheiben durch Benützung anderer, z. B. kürzerer oder längerer Dorne innerhalb gewisser Grenzen ändern lässt, so kann eine innerhalb gewisser Grenzen verschiedene Erweiterung erzielt werden, ohne dass deshalb andere Scheiben (Walzen) in Verwendung kommen müssten. Ein kürzerer Dorn wird eine geringere Erweiterung geben. Der Abstand zwischen Dorn- und Scheibenoberfläche muss entsprechend der Erweiterung des Rohres abnehmen.

Das Ziehen der Rohre erfolgt im wesentlichen nach dem gewöhnlichen Verfahren auf Ziehbänken, welche wir später besprechen, und zwar bei den grösseren vom Erweiterungswalzwerk kommenden Röhren im glühenden Zustande. Aus dem Rohrende werden spitz zulaufende Ausschnitte (Zwickel) entfernt, dasselbe zugeklopft, dadurch verjüngt, das kolbige Ende des Zugbolzens in das verjüngte Rohrende gesetzt und darüber ein Ring getrieben.

Die Rohrbildung nach dem Mannesmannverfahren scheint mir noch nicht genügend erklärt und dürften noch specielle Untersuchungen abzuwarten sein. Interessant sind die von Prof. v. Arzberger mit kurzen massiven Thoncylindern durchgeführten Versuche der Rohrbildung. Wird auf einem glatten Brette ein Cylinder aus plastischem, nicht zu weichem Thone von etwa 20 *mm* Durchmesser und Länge durch die Verschiebung eines zweiten parallel gehaltenen, auf den Cylinder gelegten Brettchens gerollt und hierbei auf etwa 10 *mm* gebracht, so ziehen sich die ebenen Endflächen konisch oder trichterartig ein und oft so weit, dass die Trichter ineinander übergehen und sich so eine kleine Thonröhre bildet. Bei wiederholter Vornahme der Arzberger'schen Versuche fand ich, dass die Rohrbildung lediglich eine Folge der am Umfange wirkenden Kräfte ist und bei sehr geringen Geschwindigkeiten erfolgt, die Fliehkraft daher an der Rohrbildung nicht theilnimmt.

4. Abschnitt.

Das Ziehen.

Die Operation des Ziehens unterscheidet sich hinsichtlich der Einwirkung des wirkenden Werkzeuges, des Zieheisens, auf das zu ziehende Stück ganz wesentlich vom Walzen, obwohl der Zweck des Ziehens gleichfalls in der Vermehrung der Länge, der Abnahme des Querschnittes und auch oft der Umwandlung der Querschnittsform besteht.

Beim Ziehen wird ein Metallstab, dessen Ende verjüngt angearbeitet ist, durch ein konisch ausgebildetes, poliertes Loch gesteckt, dessen kleinster Querschnitt geringere Masse aufweist als der Stabquerschnitt. Wird nun das konische Stabende durch eine Zange gefasst und gezogen, so wird ein Hindurchziehen des Stabes durch das Loch des Zieheisens dann eintreten, wenn die Zugfestigkeit des erfassten Endes grösser ist als der Widerstand, welchen der Draht in der Zugrichtung der Formveränderung entgegensetzt.

Beim Ziehen reiben sich die Oberflächentheilchen des Stabes an der Wand des Zieheisenloches und bleiben gegen die Theilchen, welche an der Stabachse liegen, zurück, die Schichtenverschiebung erfolgt in entgegengesetztem Sinne als beim Walzen, statt von einem Reibungszuge haben wir hier von einem Reibungswiderstande zu sprechen.

Während bei den Walzen die Streckung eine Folge des Höhendruckes ist und die Querschnittsabnahme (vom Wenden des Walz-

stückes und von Walzwerken, welche mit drei unter je 60° zu einander geneigten Scheiben arbeiten, abgesehen) nur eine Folge der Höhenabnahme ist, ist beim Ziehen die Streckung eine Folge des auf den ganzen Querschnitt sich erstreckenden Druckes der Lochwand und kann daher die Querschnittsabnahme eine allseitige sein. Man ist demnach in der Formgebung viel freier. Hingegen ist es beim Ziehen nie möglich, bei einem Durchzug eine so bedeutende Reduction des Querschnittes zu erzielen, als dies beim Walzen möglich ist.

Das Ziehen lässt sich verwenden, um Drähte verschiedensten Querschnittes herzustellen, Blechstreifen in der mannigfachsten Weise zu profilieren, endlich Röhren von kreisförmigen und willkürlich anderen Querschnitten zu erzeugen.

Die Gestaltänderung soll beim Ziehen nur durch Fluss des Materials erfolgen, daher sind an den Zieheisen, specielle später zu erwähnende Fälle ausgenommen, schabend wirkende Kanten zu vermeiden. Die in nachstehender Figur 355 *a, b, c* gezeichneten

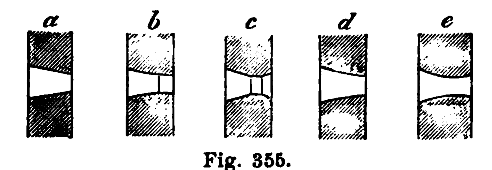


Fig. 355.

Ziehlochformen sind deshalb fehlerhaft, hingegen ist die Form *e* richtig, weil bei ihr mit dem zu ziehenden Drahte lediglich die polierte krumme Fläche und keinerlei Kante in Berührung tritt und weil die engste Stelle eine gewisse Längenerstreckung besitzt, daher die Gefahr baldigster Ausreibung des Ziehloches nicht vorhanden ist. In dieser Richtung ist auch die Form *d* als fehlerhaft zu bezeichnen.

Als Zieheisenmaterial wählt man für die dicken und mittelfeinen Drähte Stahl, für die Feindrähte aber Diamant (Carbon), weil sich ein solches „Steinloch" nicht abnützt und man unbegrenzte Längen ganz gleich dicken Drahtes damit ziehen kann, was für die Fabrication von Metalltuch (feinen Drahtsieben) ein Bedürfniss ist.

Für mittelfeine Drähte verwendet man zuweilen ungehärtete Zieheisen, welche man durch vorsichtiges Klopfen am Umfange des Ziehloches wieder auf das richtige Mass zurückführen kann. Der verwendete Hammer endet in eine kleine kugelige Bahn und wird längs eines stählernen Fingerhutes niederbewegt,

welchen der Arbeiter an den Daumen der linken Hand steckt, mit der er das Zieheisen auf einen kleinen convexen Amboss auflegt.

Um der Abnützung der Ziehlochwandungen möglichst zu steuern und den Widerstand zu vermindern, wird der Draht vor dem Eintritte in das Zieheisen geschmiert. Man verwendet hierzu Talg, Oel, Wachs und verschiedene Flüssigkeiten, als Seifenlösung, Dextrinlösung u. dgl.

Durch oftmaliges Ziehen wird die absolute Festigkeit des Drahtes ungemein erhöht, indem die Textur eine ausgezeichnet faserige und dichte wird; in demselben Masse aber verliert der Draht (mit Ausnahme der weichen Metalle) an Dehnbarkeit, zieht sich, wie man sich ausdrückt, hart, daher solcher Draht hartgezogener Draht genannt wird. Um weiter verzogen werden zu können, muss der hartgezogene Draht ausgeglüht werden. Der Draht verliert zwar dabei einen Theil der erlangten Festigkeit, doch behält ein schon mehreremale gezogener Draht immer noch eine höhere absolute Festigkeit als ein gleich dickes, gegossenes oder geschmiedetes Stäbchen desselben Materials.

Folgende Tabelle, die Karmarsch angegeben hat, zeigt den Einfluss des Glühens auf die betreffenden Metalle. Dividiert man in dieser Tabelle die Zahlen für absolute Festigkeit durch jene des Ziehungswiderstandes, so erhält man, da die Ziehbarkeit der absoluten Festigkeit direct, dem Ziehungswiderstande aber indirect proportional ist, einen Quotienten, welcher die Ziehbarkeit ausdrückt.

Die Versuche für alle Drähte unter denselben Umständen durchgeführt	Ziehungswiderstand in *kg*		Absolute Festigkeit in *kg*		Ziehbarkeit	
	hartgezogen	geglüht	hartgezogen	geglüht	hartgezogen	geglüht
Eisen	11·5	5·5	30	22·5	2·6	4·1
Stahl	13	8·5	48·8	33·5	3·7	4
Messing	10	6	25·5	18	2·5	3·0
Kupfer	7·5	5	19	12	2·5	2·4

Man sieht, wie bedeutend die Ziehbarkeit des Eisens durch das Ausglühen modificiert wird, während reines Kupfer in dieser Beziehung beinahe unverändert bleibt. Ein gleiches Verhalten zeigen auch feines Silber und Gold, legiert aber ziehen sie sich hart und müssen gleichfalls öfters geglüht werden.

Bis zu welcher äussersten Grenze man mit der Abstufung zweier aufeinander folgender Ziehlöcher gehen kann, ist nicht be-

stimmt worden, da es, um die Arbeit nicht zu häufig zu unterbrechen, nothwendig erscheint, von dieser Grenze weit entfernt zu bleiben. Eine häufig angewandte Regel ist, das Durchmesserverhältniss zweier aufeinander folgender Ziehlöcher im Mittel wie 1 : 0·9 zu machen, und zwar für gröbere Nummern eher geringer, während man für feinere, der erlangten grösseren Zugfestigkeit wegen, häufiger eine stärkere Verjüngung wählt.

Um die successive zur Wirkung kommenden Ziehlöcher richtig zu wählen, hat man mehrere Methoden. Man misst entweder mittelst eines schlank keilförmigen Blechstreifens das Loch selbst oder mittelst der Drahtlehre (s. S. 159) ein zur Probe hindurchgezogenes Stück oder man schliesst aus der Verlängerung eines vorher gemessenen Drahtstückes auf dessen Verjüngung.

Dem Drahtziehen geht die Fabrication der sogenannten Drahtstäbe voran, d. i. die Umwandlung des betreffenden Materials in ziehbare Stücke.

Bei der Fabrication von Eisendraht liefert das Schnellwalzwerk schon Drähte von circa 5 *mm* Durchmesser; bei der Erzeugung von Kupfer-, Messing- und Silberdrähten wird meist ein gegossener Stab auf etwa 15 bis 20 *mm* Durchmesser durch walzen gebracht und hierauf verzogen, oder man bedient sich des sogenannten Schneidwerkes, mittelst dessen man gewalzte, etwa 10 *mm* dicke Platten in eine Reihe von Stäben zerschneidet, welche nahezu quadratischen Querschnitt aufweisen.

Das Schneidwerk besteht aus zwei Walzen, welche aus einer Aneinanderreihung grösserer Stahl- und kleinerer Eisenscheiben bestehen, welche regelmässig miteinander wechseln. Die kleineren Scheiben sind etwas weniges dicker als die grösseren. Die grösseren Scheiben der einen Walze stehen den kleineren der anderen entgegen, so dass man durch entsprechende Näherstellung der Achsen das Ineinandergreifen der Scheiben beider Walzen bewirken kann.

Führt man dem Schneidwerke eine Platte zu, so zieht es dieselbe ein und zerschneidet sie in Streifen, deren Breite der Scheibendicke entspricht. Die grösseren Scheiben lassen sich mit Walzenringen, ihre Zwischenräume mit den Kalibern vergleichen.

Die durch das Schneidwerk hergestellten Drahtstäbe sind wegen ihres verdrückt quadratischen Querschnittes nicht wohl geeignet, reine, im Querschnitte kreisförmige Drähte zu liefern, weil die durch das Schneiden aufgeworfenen Kanten leicht zur Bildung von Materialfäden Anlass geben, den sogenannten Dopplungen, welche sich beim Gebrauche des Drahtes oft ablösen, jedenfalls denselben unrein erscheinen lassen.

Als mechanische Vorrichtungen zum Drahtziehen sind zu nennen: die Stosszangenziehbank, die Schleppzangenziehbank, die Leierwerke und die Feindrahtziehmaschinen.

Die Stosszangenziehbank hat nur geschichtliches Interesse. Sie wirkt durch eine Zange, deren aufgebogenes Maul (—┸—) den Draht beim Zieheisen fasst und in einer Länge von 0·6 bis 1·5 *m*, entsprechend dem Hube der Zange, zieht. Hierauf findet die Rückbewegung der Zange statt, wobei sie sich infolge der Wirkung der gelenkig mit den Zangenschenkeln verbundenen Glieder, Fig. 356, selbstthätig öffnet, zum Zieheisen zurückkehrt, dort infolge des neuerlichen Richtungswechsels wieder schliesst, den Draht fasst und wieder zieht u. s. w. Bei dieser Einrichtung entstehen durch die Wirkung des Zangenmaules Eindrücke (Bisse) im Drahte, welche bei weiterem Ziehen zu Dopplungen und unreinen Stellen Anlass geben.

Die Zangen der Schleppzangenziehbänke fassen die Drahtstange nur an ihrem verjüngten Ende und sie werden geradlinig

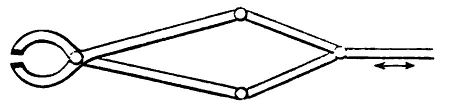


Fig. 356. Stosszange.

so lange hingeführt, als es die Länge der zu ziehenden Stange erfordert; die Schleppzangenziehbänke benöthigen daher ein langes Gestell, an dessen einem Ende in einer festen Stütze das Zieheisen *Z*, Fig. 357, am anderen Ende aber ein Zahnradvorgelege *R*, *r* angebracht ist.

Die Achse des Rades *r* trägt eine Kurbel, jene von *R* eine Windetrommel, auf der sich das Zugseil *s* (Riemen, Kette), aufwickeln kann. Damit der Zug des Seiles immer genau normal auf die Ebene des Zieheisens erfolgt, sind zwei Führungsrollen angebracht, die das Seil umschliessen und in der richtigen Mittellage erhalten. An dem Ende des Seiles ist ein einseitig in einen spitzen Winkel übergehender Ring befestigt, der zugleich auch durch die öhrartig durchbrochenen Schenkel der Zange *Z* geht, und so beim Zuge das feste Schliessen der Zange erzwingt. Um keine bedeutende verticale Einsenkung der Zuglinie durch das Gewicht der Zange zu erhalten, lässt man diese auf einem Schlitten oder Wagen aufruhen.

Sehr häufig findet mechanischer Antrieb statt und wird eine grossgliedrige endlose Kette angewendet, welche über zwei in

gleicher Höhe angeordnete Kettenräder geführt ist. In den oberen Kettenstrang wird dann ein Haken eingeklinkt, welcher in den Zugring übergeht. Die Arbeit beginnt mit dem Zuspitzen der zu ziehenden Stange, deren verjüngtes Ende durch das Zieheisen geschoben wird. Die Zange wird von Hand aus zum Einbeissen in das Drahtende gebracht und hierauf durch die Zugvorrichtung, welche den kräftigen Schluss der Zange bewirkt, vom Zieheisen weggezogen.

Auf diesen oft sehr langen Bänken wird Kupfer-, Messing-, Bronze-, Silberdraht bis zu etwa 6 bis 10 *mm* gezogen. Für den weiteren Verzug bis zur Feinheit von etwa $^1/_2$ bis 1 *mm* werden die Leierwerke verwendet.

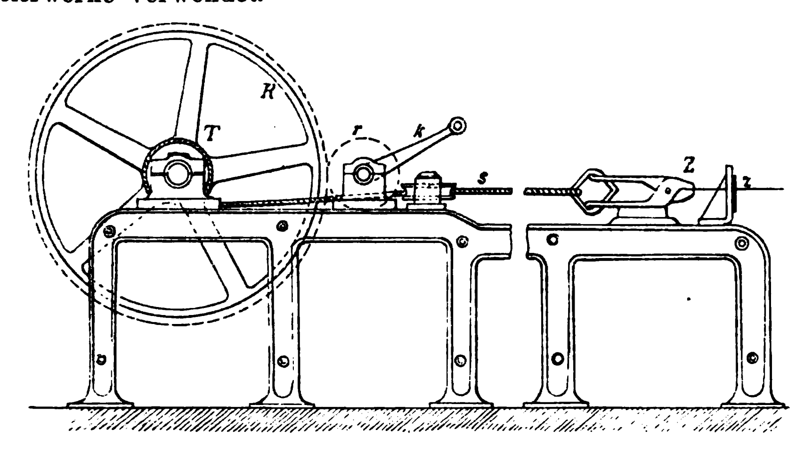


Fig. 357. Sehleppzangen-Ziehbank.

Die Leierwerke, Drahtleiern oder Leierbänke fassen wohl auch das verjüngte Drahtende mit einer Zange, es geschieht dies aber nur beim Beginn des Ziehens, später wirkt der Zug einer Trommel, auf welche sich der Draht aufwickelt. Fig. 358 zeigt ein Leierwerk.

Die Trommel *T* wird von der Transmissionswelle *m* durch die Kegelräder *k, k'* angetrieben. Da die Arbeit aber zeitweilig unterbrochen werden muss, die Transmission, welche mehrere Trommeln antreibt, aber beständig läuft, so ist durch eine Kupplung, die durch den Fusstritt *h* und Hebel *h'* gestellt werden kann, das Ausrücken der Windetrommel ermöglicht. An der Achse des Hebels (*h'*) ist (hier nicht sichtbar) ein zweiter gabelförmiger Arm aufgekeilt, der den mit der Trommel verbundenen Theil der Kupplung umgreift und beim Niedertreten von *h* ausser Eingriff bringt. Für einen längeren Stillstand kann durch den Sperriegel *b* die

Kupplung in der ausgerückten, die Trommel somit in der nicht angetriebenen Lage erhalten werden. Zu erwähnen ist noch, dass, um den Draht direct beim Zieheisen ergreifen und mit der Windetrommel in Verbindung setzen zu können, an letzterer eine Kette befestigt ist, deren Ende eine Zange trägt, die sich von der in Fig. 356 gezeichneten Stosszange nur durch kleinere Dimension und einfaches flaches Maul unterscheidet. Hat der Arbeiter das Drahtende zugespitzt und durch das Ziehloch geschoben, so führt er die Zange zu dieser Spitze, hält sie hier fest und lässt die Trommel sinken. Dadurch wird sie sofort in Gang gesetzt, die Zange durch

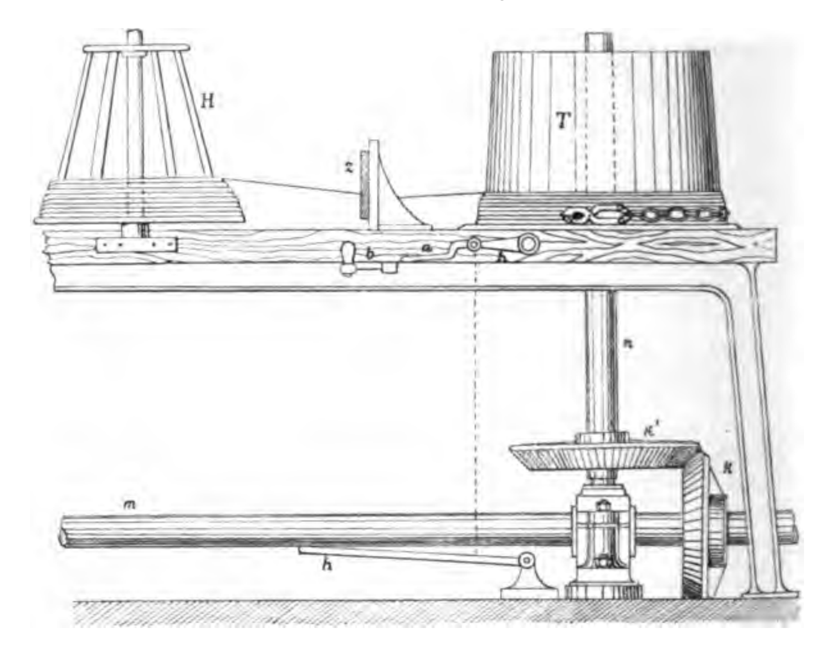


Fig. 358. Leierwerk.

den Zug kräftig geschlossen, das Drahtziehen somit eingeleitet. Die konische Form der Trommel ermöglicht es, den aufgewickelten Draht leicht abzustreifen. Zu bemerken wäre noch, dass das Ziehloch im Niveau des Auflaufpunktes liegen soll und dass die Zange nur anfänglich zu wirken braucht. Sobald eine Drahtwindung auf der Trommel aufgewickelt ist, kann man das Drahtende aus der Zange nehmen und je nach der Einrichtung der Trommel das rechtwinklig umgebogene Drahtende entweder in ein Loch oder in einen verticalen Schlitz der Trommel einlegen. In letzterem Falle kann die Auflaufstelle des Drahtes unverändert an der unteren Seite der Trommel bleiben und die früheren Drahtwindungen

schieben sich gegen aufwärts. Zum Verziehen von 5 auf 1 *mm* Durchmesser ist die Anwendung von 12 Ziehlöchern und meist dreimaliges Ausglühen nöthig.

Für den praktischen Drahtziehereibetrieb ist auch die Zuggeschwindigkeit von Wichtigkeit. Indem es wünschenswerth ist, dieselbe productionshalber möglichst zu steigern, andererseits aber die Verschiebung der Moleküle eine gewisse Zeit verlangt, so muss eine gewisse mittlere Geschwindigkeit eingehalten werden. Eisen- und Messingdraht von circa 6 *mm* kann zweckmässig mit 0·25 bis 0·30 *m*, solcher von 2 *mm* Dicke mit 0·75 bis 0·90 *m* und 1 *mm* starker Draht mit 1·25 bis 1·5 *m* Geschwindigkeit verzogen werden. Bei feinen Silber- und Kupferdrähten kann diese Geschwindigkeit noch bedeutend gesteigert werden.

Die Feindrahtziehmaschinen haben keine Zange als Bestandtheil der Maschine in Verwendung. Das zugespitzte Drahtende wird durch das Zieheisen oder weit besser durch das „Steinloch" (s. S. 367) gesteckt und zunächst von Hand aus mittelst einer Flachzange so lange durchgezogen, bis die Befestigung an einer rotierenden Spule möglich wird. Das Zieheisen erhält in einer Führung eine geradlinige Verschiebung entsprechend der Spulenlänge, wodurch die regelmässige Aufwickelung erfolgt.

Man wendet auch Feindrahtziehmaschinen an, bei welchen der Draht hintereinander mehrere Zieheisen (Steinlöcher) passiert. Eine dieser Constructionen hat folgende Anordnung. Der zu ziehende Draht kommt von einer Spule, geht über eine Führungsrolle durch das Steinloch zur ersten, kleinsten Stufe einer längeren Stufenscheibe, um diese circa 1½mal herum, über eine Führungsrolle zum zweiten Zieheisen und durch dieses zur zweiten Scheibenstufe, die er wieder 1½mal umschlingt, über eine Führungsrolle zum dritten Steinloch u. s. w., um endlich aufgewickelt zu werden. Die Abstufungen haben entsprechend langsam wachsenden Durchmesser, ihre Zahl beträgt vier bis sechs, da der Draht dann wieder geglüht werden muss.

Das gleichmässige Ausglühen des hartgezogenen Drahtes ist von besonderer Wichtigkeit und soll in eigenen Flammöfen erfolgen, in welche der Draht nicht unmittelbar, sondern in cylindrischen Töpfen mit Lehmverschluss eingesetzt wird. Das hierauf folgende Scheuern geschieht entweder mit Flussand in Scheuertrommeln oder auf den sogenannten Polterbänken, welche aus einer Reihe horizontaler hölzerner Hebel bestehen, die von den Daumen einer Welle abwechselnd gehoben und fallen gelassen werden. Die Drahtringe werden auf die Enden der Hebel auf-

geschoben, wo sie durch einen vertical eingesteckten Eisenstab vor dem Abrutschen bewahrt werden. Durch das Aufeinanderschlagen der Drähte beim Herabfallen der Hebel wird der Glühspan gelockert, abgestossen und durch unterhalb fliessendes Wasser entfernt.

Beim Ziehen wird für gröbere Eisendrähte vor das Zieheisen Talg oder eine Mischung von Talg und Rüböl geschmiert (trockenes Ziehen) oder der Draht in eine schwache Kupfervitriollösung eingelegt, worin er dünn verkupfert wird. Diese feine Kupferhülle mindert die Reibung im Ziehloch bedeutend und gibt dem Drahte gleichzeitig ein besseres Aussehen.

Sehr feine Eisendrähte werden nass verzogen (nasses Ziehen), d. h. die Drahtringe werden in ein Gefäss mit sauerer Bierhefe, auf welcher eine Schicht Baumöl schwimmt, gelegt und ohne weitere Schmiere verzogen.

Der im Handel vorkommende Eisendraht in Ringen zu $2^1/_2$, 5 bis 15 *kg* ist meist blank, da er nach dem letzten Ziehen nicht mehr geglüht wird; nur der zur Fabrication künstlicher Blumen benützte Blumendraht kommt schwarz in den Handel.

Stahldraht erheischt besonders beim Glühen (wegen des leichten Verbrennens) die grösste Sorgfalt. Der sogenannte Triebstahl der Uhrmacher, dessen Querschnitt der Form eines Zahnrädchens entspricht, wird aus rundem Drahte in der Weise erzeugt, dass die Spitzen einer (der Zähnezahl entsprechenden) Anzahl von Messern in das runde Ziehloch, durch das der Draht gezogen wird, hineinragen. Diese Messer sind durch Schrauben fein verstellbar, und es ist dadurch ermöglicht, die Längsfurchen nach und nach zu erzeugen. Um diesem Draht die vollendete Gestalt zu geben, wird er durch ein auf gewöhnliche Weise gebildetes Ziehloch, das sehr genau den richtigen Querschnitt enthält, hindurchgezogen.

Interessant ist die Erzeugung der ausserordentlich feinen, mit freiem Auge kaum mehr sichtbaren Platindrähte von Wollastone. Ein auf gewöhnlichem Wege gezogener feiner Platindraht wird centrisch in einer cylindrischen Gussform mit Silber umgossen. Das so erhaltene Silberstäbchen wird zu Feindraht verzogen und schliesslich in Salpetersäure die Silberhülle gelöst, so dass der ausserordentlich dünne Platinkern zurückbleibt.

Auf ähnliche Weise mögen Chaudoir's Stehbolzenstangen mit centrischer Höhlung hergestellt sein; es dürfte in ein dickwandig gegossenes Kupferrohr eine leichtschmelzbare Legierung eingegossen werden, welche nach Beendigung des Ziehens durch Ausschmelzen entfernt wird.

Das Ziehen von Röhren.

Das Röhrenziehen erfolgt mit Anwendung langer und kurzer Dorne; bei Anwendung der ersteren auf verticalen, bei Anwendung der letzteren auf horizontalen Ziehbänken.

Die langen Dorne sind polierte Stahlstangen, an deren oberem Ende ein Zugring eingeschraubt ist, welcher mit der vertical laufenden Zugkette verbunden wird. Das zu ziehende Rohr ist aus Blech, durch Biegevorrichtungen oder auch durch Handarbeit gebogen und durch Hartlöthen geschlossen. Zur besseren Verbindung der Ränder können schwalbenschwanzartige Zinken, Fig. 359, verwendet werden, welche an sich gut passend auszuführen und exact zu verlöthen sind. Das gelöthete Rohr muss sich auf den langen Dorn aufschieben lassen und wird am Ende desselben über den Dornrand gebogen.

Das Röhrenziehen mit langem Dorne, welcher mit dem Rohre durch das Zieheisen gezogen wird, ist das älteste Verfahren des Röhrenziehens und wenn es noch angewendet wird, so geschieht es nur zur Herstellung sehr dünnwandiger, genauer Rohre für optische Instrumente. Wollte man nach diesem Verfahren ein gegossenes Messingrohr verziehen, so müsste dasselbe innen und aussen exact ausgebohrt und abgedreht sein.

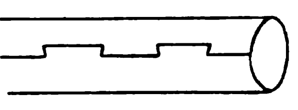


Fig. 359.

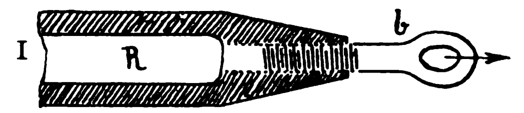
Das Ziehen über kurzem Dorne erfolgt mit Hilfe der Schleppzangenziehbänke. Man geht bei Erzeugung von Messing-, Kupfer-, Bronze-, Argentan-, Aluminiumrohren von einem gegossenen Rohre aus, bei der Erzeugung eiserner Rohre von einem gewalzten Bandeisen, welches man durch Ziehen zum Rohre biegt, hierauf schweissheiss macht und durch Ziehen oder Walzen schweisst.

Die Siederohre für Locomotiven werden, obwohl die eisernen Siederohre billiger sind, häufig aus Messing hergestellt, weil sie neben etwas besserer Wärmeleitung den wesentlichen Vortheil bieten, als Altmaterial noch Werth zu besitzen, während die eisernen Rohre dann werthlos sind.

Wird von einem gegossenen Rohre ausgegangen, so muss dasselbe ein verjüngtes Ende besitzen, mit welchem die Zugvorrichtung (Schleppzange) verbunden werden kann. Die nachstehenden Skizzen (Fig. 360 I und II) deuten zwei Arten gebräuchlicher Zugbolzen an. Denselben angepasst ist dann jenes Stück, welches an Stelle der Schleppzange tritt und mit der Zugkette verbunden wird.

Der kurze Dorn wird von der offenen Seite des Rohres in dasselbe eingeführt und er ist mit einer Stange verbunden, welche während des Ziehens festgehalten (eingehängt) wird, so dass das Rohr über den Dorn hinweg gezogen wird. Damit der Dorn seinen Zweck, die Innenfläche des Rohres correct auszubilden, erfüllt, muss er während des Ziehens im Zieheisen stehen, wie dies Fig. 361 andeutet.

Beim Röhrenziehen tritt das Hartziehen ebenso ein, wie beim



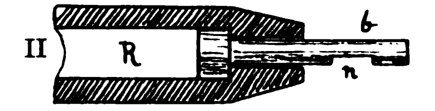


Fig. 360. *b* Zugbolzen, *n* Ausschnitt für den Keil.

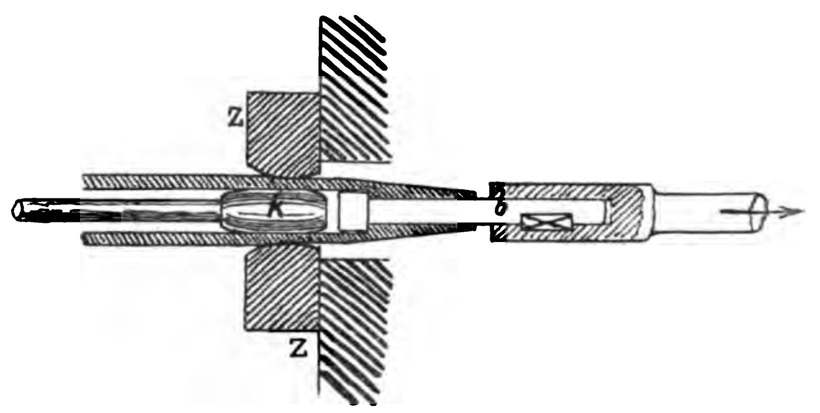


Fig. 361. Ziehen über kurzen Dorn.

Drahtziehen und müssen die Rohre in entsprechenden Glühöfen ausgeglüht werden. Die Dorne sind polierter Stahl oder Hartguss, die Zieheisen Stahl und im Ziehloche poliert.

Will man durch Ziehen über kurzen Dorn völlig exacte Rohre ziehen, dann ist es nöthig, das roh gegossene Rohr exact durch Ausbohren und Abdrehen zu appretieren.

Beim Ziehen eiserner Gasröhren handelt es sich zunächst um das Einrollen des hierzu bestimmten, entsprechend nach S. 361 vorbereiteten Bandeisens. Nachdem das Ende nach Fig. 349 vorge-

bogen ist, zieht man die glühende Schiene durch ein Zugeisen, welches das Einrollen (Rohrbilden) besorgt. Nach dem Einrollen findet Erhitzung zur Schweisshitze und neuerliches Ziehen (oder Walzen) statt. Die hierbei angewendeten Zieheisen sind entweder aus einem Stücke, Tiegel genannt, aussen von der Gestalt einer vierseitigen Pyramide, passend in einen fixen Sitz, innen von entsprechender konischer Gestalt mit polierter Fläche; oder sie sind halbiert und die Hälften entweder in Doppelzangen eingesetzt, deren Schluss durch zwei Arbeiter besorgt wird, Zangenzieherei, oder es ist die untere Hälfte in eine feste Docke der Ziehbank eingesetzt und die obere durch eine Hebelvorrichtung aufgepresst, Cups- oder Becherzieherei.

Die Tiegel, Zangenkaliber und Cups sind meist Hartguss.

Das Einrollen der für überlappte Rohre bestimmten, an den Kanten schräg zugehobelten Bandeisen erfolgt ebenso wie das Einrollen bei den Gasrohren durch Ziehen. Nach dem Einrollen wird Schweisshitze gegeben und durch walzen über einen konischen Hartgussdorn die Schweissung besorgt. Der Dorn ist hier ebenfalls durch eine Stange im Kaliber der Walzen gehalten, wie dies ähnlich beim Röhrenzuge über einen kurzen Dorn (Fig. 361) der Fall war, und hierdurch erreicht man gute Ausbildung der Innenfläche bei guter Schweissung. Zum Schlusse werden diese Rohre noch durch einen Hartgussring mit scharfer Kante gezogen, um die Oberfläche rein zu erhalten. Die so hergestellten überlappten Rohre werden insbesondere als Siederohre für Locomotivkessel verwendet.

5. Abschnitt.

Vom Pressen, Prägen und Stanzen.

Der technologische Begriff, welcher mit dem Worte Pressen ausgedrückt wird, ist kein scharf begrenzter. — Wird auf eine bildsame Masse, welche in einem mit Ausflussöffnung versehenen cylindrischen Gefässe eingeschlossen ist, durch einen Kolben ein derartig hoher Druck ausgeübt, dass die Masse in „Fluss" geräth, das will sagen, durch die Oeffnung in Form eines cylindrischen Stranges austritt, so spricht man von Pressen und bezeichnet durch zusammengesetzte Hauptwörter, wie Röhrenpressen, Bleidrahtpressen, Thonröhrenpressen etc. etc. den Zweck näher (vgl. S. 11).

Werden pulverige Massen in prismatischen Gefässen mittelst eines Kolbens zusammengedrückt, wie dies z. B. bei der Erzeugung von Trockenziegeln, d. h. Ziegeln aus nahezu wasserfreiem Thonpulver, bei der Herstellung von Salz- und Kohlenbriquettes, bei dem Zusammendrücken von Graphitstaub und gewissen Stärkearten zum Zwecke der Herstellung handlicher Stücke für den Verkauf geschieht, so spricht man auch von Pressen. Man sieht, dass mit dem Worte Pressen keine bestimmte Gattung von Formänderung, sondern nur die Anwendung eines hohen Druckes zu einer erst noch näher zu bezeichnenden Formänderungsarbeit gemeint ist.

Da nun zum Prägen und Stanzen ebenfalls bedeutende Drücke angewendet werden müssen, so schliessen sich diese Operationen dem Pressen, namentlich bezüglich der anwendbaren maschinellen Arbeitsmittel an, ja es werden die hierfür verwendeten Maschinen und die Arbeit selbst häufig Pressen genannt.

Die bildsamen Materialien verhalten sich gegen hohe Pressungen principiell ganz anders als pulverige Substanzen. Bei ersteren ist nach Erreichung eines genügenden, von der Natur des Materials abhängigen Druckes infolge allseitiger Druckfortpflanzung das Material geneigt, nach jeder Richtung auszuweichen, auszufliessen.

Befindet sich z. B. Blei, Thon, Wachs, Graphitteig, Mehlteig, Guttapercha u. dgl. in einem cylindrischen Gefässe unter genügendem Drucke, so kann die Ausflussöffnung im Boden oder in der Seitenwand oder im Presskolben selbst ausgespart sein, der Ausfluss wird überall hin erfolgen; das bildsame Material wird hierbei, wenn es dicht (blasenfrei) ist, keine wesentliche Verdichtung erleiden. Passt der Presskolben einer Bleiröhrenpresse nicht scharf in den Presscylinder, so wird gleichzeitig mit dem beabsichtigten Ausflusse auch rund um den Kolben Material austreten.

Es gibt manche bildsame Materialien, z. B. Porzellanmasse, Farbepasten für farbige Stifte u. dgl., welche das Wasser, durch welches sie bildsam geworden sind, nicht so kräftig festhalten als Mehlteig und Thon. Bei solchen Materialien bewirkt die Pressung ein Abwärtssinken eines Theiles des Wassers, und wird langsam gepresst, so ist der Anfang des ausfliessenden Materialzapfens bedeutend wasserreicher als das Ende desselben. Man muss bei diesem Material möglichst rasch pressen, will man nach dieser Methode ein Porzellanrohr herstellen, welches beim Trocknen und Brennen sich gleichmässig verhält.

Die pulverigen Materialien pflanzen den Druck nie allseitig gleichmässig fort, sondern vorwaltend nach der Druckrichtung

und normal gegen die Oberfläche jenes Materialconoids, welches sich unter der Druckfläche bildet. Eine Fortpflanzung des Druckes entgegen der Richtung der Pressung, ein Aufsteigen der pulverigen Masse, insoweit selbe nicht durch entweichende Luft in geringer Menge mitgenommen wird, findet im Raume zwischen dem Kolben und der Gefässwand nicht statt. Füllt man z. B. ein eisernes Rohr, dessen untere Oeffnung mit Papier oder Pappe durch Aufkleben verschlossen ist, mit Sand, stellt dasselbe auf eine ebene Platte,s etzt einen Stempel in das Rohr (Fig. 362) und gibt man Druck, so wird der Sand zunächst Korn an Korn gepresst, überwiegt der specifische Druck (etwa bei 100 Atmosphären) die Festigkeit der Sandkörner, so hört man ein Knistern, die Körner zerdrücken sich gegenseitig und das eiserne Rohr beginnt sich zu deformieren, obwohl der Stempel dasselbe gar nicht berührt. Die

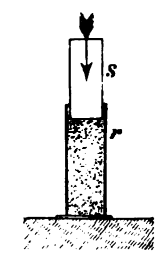


Fig. 362
***r* mit Sand gefülltes Rohr, *s* Presstempel.**

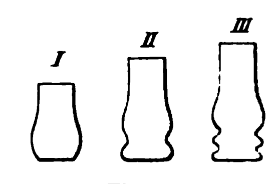


Fig. 363.
***I* von 112 *mm* auf 99 *mm*.**
***II* von 150 *mm* auf 130 *mm*.**
***III* von 200 *mm* auf 155 *mm*.**

Deformation hängt von dem Verhältnisse der Höhe zum Durchmesser ab, und ist jener sehr ähnlich, welche ein zwischen parallelen Platten gepresstes Rohr annimmt. Fig. 363 *I, II, III* zeigt die Formänderungen, welche ein so behandeltes Siederohr von 50 *mm* Durchmesser und den Höhen von 110, 150, 200 *mm* annahm. Diese Deformationen konnten doch nur dadurch entstanden sein, dass der Sand auf das Rohr vorwaltend gegen abwärts gerichtete Pressungen ausübte.

Die Fortpflanzung des Druckes im Sande erfolgt so allmählich, dass die oberen Sandschichten im Rohre zuerst zerdrückt werden, während die unteren Schichten erst später bei fortgesetzt wachsendem Drucke und eintretender Stauchung des Rohres daran theilnehmen. Es erklärt dies die Wirkung des Versatzes beim Sprengen (S. 196). Die Höhe des Gefässes kann bedeutend kleiner als die Breite und Länge sein, und doch pflanzt sich der Druck in den unteren Schichten schon wesentlich geringer fort. Ein aus Thon-

pulver gepresster Ziegel wird, wenn nur einseitig gepresst, unter dem Presskolben wesentlich dichter sein als über der Gegenplatte, und diese Differenz ist so bedeutend, dass zur Pressung von beiden Seiten gegriffen werden muss, wenn ein hinreichend gleichmässiges Fabricat erlangt werden soll. Versuche haben mir gezeigt, dass man mit feinen Pulvern, welche als mässig dicke Schicht unter den Presskolben gebracht sind, bildsame Materialien, welche den übrigen Theil eines Pressgefässes füllen, so vollkommen abdichten kann, dass dieselben nicht mehr zwischen Kolben und Pressgefäss auszufliessen vermögen.

Die Erscheinungen der Druckfortpflanzung in körnigem Material sind noch lange nicht genügend erklärt. Füllt Sand, Getreide u. dgl. ein Gefäss, so ist z. B. der auf die verticalen Gefässwände ausgeübte Druck im Ruhezustande wesentlich kleiner, als wenn durch natürlichen Abfluss aus einer Bodenöffnung Bewegung in die körnigen Massen kommt.

Die technologisch wichtigen Aufgaben geben bezüglich der pulverigen Substanzen zu Fragen Veranlassung, welche innig mit der wichtigen Frage des Erddruckes, die so oft die Ingenieure beschäftigt, zusammenhängen. Dieses schwierige Gebiet bedarf trotz der vielen Arbeiten, welche vorliegen, noch sehr der weiteren Forschung.

Ausflusspressen.

Ausfluss bildsamer Massen bewirkt durch Pressen.

Die mechanischen Mittel, welche den Ausfluss bildsamer Massen aus Gefässöffnungen bewirken, sowie die Formgebung des Pressgefässes hängen von dem Widerstande ab, welchen das Material der Verschiebung seiner Massentheilchen entgegensetzt.

Während bei Mehlteig, Guttapercha, plastischem Thone, Graphitteig, Porzellanmasse u. dgl. weichen, knetbaren Materialien kleine specifische Drucke, etwa 1 bis 10 Atmosphären zur gewünschten Verschiebung der Massentheilchen führen, erheischt Blei und Zinn bereits Pressungen von 1000 bis 4000 Atmosphären. Während man daher bei den erstgenannten Körpern ohne Schwierigkeit Gefässe herstellen kann, deren Wände den auftretenden Drücken standhalten und in der Wahl der Mittel zur in Drucksetzung des Materials grosse Freiheit geniesst, z. B. auch durch genügend grosse Speiseschnecken das bildsame Material aus einem Einwurftrichter in den Presscylinder drücken und so continuierlich arbeiten kann, muss beim Ausflusspressen von Blei und Zinn eine sehr kräftige Construction des Presscylinders und als Druck ge-

bende Maschine eine kräftige hydraulische Presse in Verwendung treten.

Will man Röhren pressen, so muss in die Ausflussöffnung ein entsprechender Dorn gesetzt sein. Bei den knetbaren Materialien kann die Verbindung des Dornes mit der Wand, in welcher sich die Ausflussöffnungen befinden, durch Stege in verschiedener Weise erfolgen, etwa so, wie dies die Fig. 364 *I*, *II* darstellen. Das Material wird sich an diesen Stegen vorbeischieben und hinter demselben im Ausflussquerschnitt vereinigen. Denken wir jedoch statt eines knetbaren Materials ein 1000mal widerstandsfähigeres fliessen, so würden derlei Verbindungsstege nie standhalten; es ist dann erforderlich, entweder den Dorn mit dem Presskolben zu verbinden, oder durch den Presskolben hindurch zu verlängern und schliesslich zu verankern (Fig. 365).

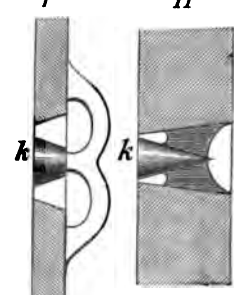


Fig. 364. *k* im Loche fixierter Kegel oder Dorn.

Geht man noch weiter, sucht man Kupferröhrchen zu pressen, so gelangt man zu so bedeutenden Drücken, dass der Reibungszug des ausfliessenden Metalles den Dorn abreisst und der Widerstand des Metalles den Presscylinder staucht, kurz man kommt zu Pressungen von mehr als 20.000 Atmosphären und man steht dann vor der Frage, ob es noch ein Material für Presskolben und Dorn gibt, welches den Pressungen stand halten kann? Glühendes Kupfer hat allerdings wesentlich grössere Weichheit, aber hier treten wieder andere praktische Schwierigkeiten ein. Man hat dieselben zu überwinden gesucht, der Erfolg ist mir noch nicht bekannt.

Es sei zunächst in Fig. 365 eine Bleiröhrenpresse dargestellt. *A* ist der Presscylinder, in welchen geschmolzenes Blei eingefüllt wird, *a* der auswechselbare Pressring oder Tiegel mit der Ausflussöffnung, *b* das Einsatzstück für denselben, *C* das Querhaupt (Holm), *d* der unten verankerte Dorn, *k* der Druckkolben, welcher auf das Blei pressend einwirkt, *K* der hydraulische Kolben, *B* der Cylinder der hydraulischen oder Brahmapresse. S, S_1 sind die Verbindungssäulen, m, m_1 ihre Muttern. Die Theile *a* und *b* liegen beim Röhrenpressen dicht an dem Cylinder *A*, die in der Figur ersichtliche Spalte ist nicht vorhanden.

Wird Druckwasser unter den Brahmakolben *K* eingelassen, so heben sich *K* und *k* und pressen das heisse Blei durch die ringförmige Oeffnung des Presscylinders und es steigt ein Bleirohr vertical aus dem Cylinder auf. Hat hierbei der Kolben seine Endlage erreicht,

so entfernt man die Schraubenmuttern m, m_1 und hebt durch eine über der Maschine angebrachte Hebevorrichtung den Holm C auf, wobei a, b noch am Presscylinder haften. Durch Ziehen am Rohre werden nun auch die Theile a b nebst dem in der Erweiterung von a verbliebenen Bleireste, welcher das untere Rohrende bildet, gehoben. Ist dies geschehen, so bringt man die Kolben k und K zum Sinken, indem man nun über K Druckwasser einleitet. Man füllt hierauf den Presscylinder A mit geschmolzenem Blei, bringt die Theile a, b, C und m, m_1 wieder in ihre Normallage und leitet von neuem die Rohrbildung ein. Das frische Blei verbindet sich hierbei unter a mit dem daselbst verbliebenen Bleireste und hierdurch ist es möglich, Bleirohre von beliebiger Länge herzustellen.

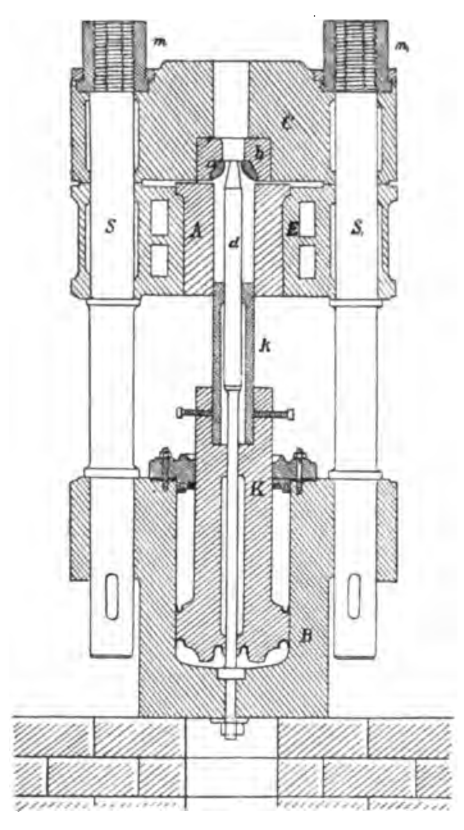


Fig. 365. Bleiröhrenpresse.

Die Constructionen der Bleiröhrenpressen sind mannigfache und hat sich um dieselben insbesondere Ingenieur Karl Huber in Wien verdient gemacht.

Da das Pressen der Bleiröhren heiss erfolgt und die Temperatur über jener liegt, bei welcher Zinn schmilzt, so bleibt, wenn an der Austrittsstelle des Bleirohres flüssiges Zinn in das Bleirohr gegossen wird, dasselbe geschmolzen und es hängt sich an das Bleirohrinnere eine Schicht Zinn an. Man erhält so innen verzinnte Bleirohre, welche zu Wasserleitungszwecken verlangt werden.

Das Ausflusspressen findet bei Thon meist so statt, dass die Thonstränge, welche die Presse verlassen, in horizontaler Richtung auf geeignete Führungen austreten. Mittelst gespannten Drahtes werden bei diesem Material normal zur Ausflussrichtung Schnitte geführt. Je nach der Form der Ausflussöffnung erhält man Vollziegel, Hohlziegel, Drainageröhren u. s. w.

Beim Ausflusspressen von Graphitteig und Mehlteig ist die Anordnung meist so, dass der Ausfluss in verticaler Richtung nach unten erfolgt. Bringt man unter einem solchen Presscylinder ein rasch rotierendes Messer an, so schneidet dasselbe das ausgepresste Material in Scheibchen, deren Gestalt von dem Querschnitte der Ausflussöffnungen abhängt. Hiervon macht man in der Teigwaarenfabrication und bei der Erzeugung rauchlosen Pulvers Anwendung.

Denkt man sich bei der in Fig. 365 gezeichneten Presse den Dorn und seine Stange durch ein Kabel ersetzt, welches unten eintritt, oben austritt, statt Blei aber Guttapercha im Presscylinder, so erhält man ein Kabel mit Guttapercha-Mantel. Da Guttapercha bei 70° sehr bildsam ist, wird die Presse selbstverständlich für geringeren Druck zu berechnen sein.

Für die verschiedenen Materialien und für die abweichenden Verhältnisse des Lochquerschnittes zur Kolbenfläche sind die erforderlichen Pressungen nicht bekannt gemacht; es wird im concreten Falle aus einem Versuche im Kleinen der erforderliche Kraftbedarf nach dem Gesetze der proportionalen Widerstände zu bestimmen sein.

Das Pressen von Trockenziegeln.

Wird ein prismatischer Rahmen mit Thon- oder Cementpulver gefüllt, ein in den Rahmen passender Stempel aufgesetzt und genügender Druck gegeben, so presst sich das Pulver zusammen und bildet, wenn aus dem Rahmen herausgedrückt, ein zusammenhängendes Stück. Zerschlägt man dasselbe, so nimmt man deutlich wahr, dass die dem Stempel zunächst liegenden Schichten weit dichter geworden sind, als die weiter abliegenden.

Soll die gepresste Masse möglichst gleichförmig ausfallen, so muss von beiden Seiten Druck gegeben werden und kann dies in verschiedener Weise geschehen.

Ein älteres Verfahren ist durch Fig. 366 skizziert. *R* ist der Formrahmen, *u* die Bodenplatte, *o* der Stempel. Der Form- oder Pressrahmen *R* liegt auf einem Kautschukring *k* und mit diesem auf einer Rahmenplatte. Findet die Abwärtsbewegung des Pressstempels *o* statt, so wird das pulverige Material zusammengedrückt, und wenn die Pressung so weit gestiegen ist, dass ein Niederdrücken des Rahmens *R* erfolgt, so wird der Kautschukring zusammengepresst und es tritt die Bodenplatte *u* in *R* ein und presst das Pulver von unten.

Ein zweites Verfahren ist durch Fig. 367 skizziert. Der Formrahmen ruht auf Rollen *r*, deren Laufschienen in der Figur weggelassen sind. Die Bodenplatte *u* wird durch den Presstempel nach oben gedrückt. An der Decke, dem Querhaupt der Presse, befindet sich die Gegenplatte *o* und ein Rahmen geringerer Höhe, zwischen welchem und dem Pressrahmen Schienen *s* gelegt sind. Es wird nun zuerst von unten Druck gegeben, hierauf *s* entfernt, und indem sich bei neuerlichem Druckgeben der Formrahmen und die Bodenplatte heben, kommt *o* zur Wirkung.

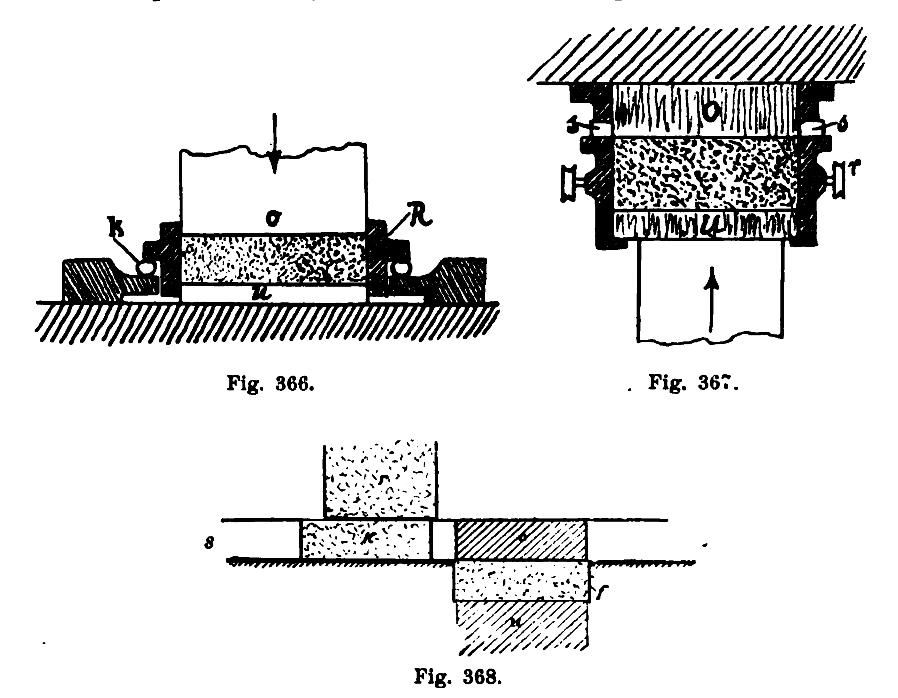


Fig. 366. Fig. 367.

Fig. 368.

Bei der automatisch wirkenden Trockenziegelpresse*) von Czerny (ausgeführt in der Maschinenfabrik F. J. Müller in Prag-Bubna) fällt das Lehmpulver durch ein Fallrohr *r*, Fig. 368, in ein Kästchen *k*, welches sich gemeinsam mit dem Oberstempel *o* in

*) Theils um den Ziegeln eine besonders genaue Form zu geben, theils um Thon zu verarbeiten, welcher sich in der gewöhnlichen Weise nicht zu Ziegeln schlagen oder nicht nass maschinell zu Ziegeln verarbeiten lässt, werden Trockenpressen angewendet. Der Lehm wird in offenen Schoppen getrocknet, dann pulverisiert (Desintegrator oder Walzen etc.) und als durch Siebe Nr. 10 bis 14 gesiebtes, ziemlich feines Pulver mit nur 4 bis 8% Wassergehalt den Pressen zugeführt.

einem horizontal bewegten Schlitten, beziehungsweise Karren *s* befindet. Bei dem Rechtsgange dieses Schlittens gelangt zuerst das Kästchen *k* über die Form *f*, deren gut passender, beweglicher Boden auf dem hydraulischen Kolben ruht, und wird dieselbe mit Lehmpulver gefüllt. Die Form ist daher ein Rahmen, oben und unten offen, nach unten jedoch durch den beweglichen Boden, den Presstempel *u*, geschlossen. Bei dem folgenden Linksgange des Schlittens gelangt der Oberstempel *o* über die vollgefüllte Form, und sobald *o* genau über der Form steht, hebt sich dieselbe um 5 *mm*, wodurch das Pulver etwas eingedrückt wird; dies hat zur Folge, dass bei dem späteren Druck das Pulver nicht ausquillt. Nun hebt sich der Kolben *u*, es erfolgt die Compression des Pulvers, dasselbe beginnt sich an den Wänden der Form derart zu verspreizen, dass auch diese einen Hub nach oben erfährt; dadurch gelangt der Oberstempel *o* zu activer Wirkung und die Pressung erfolgt daher von beiden Seiten.

Die Füllhöhe beträgt circa 112 *mm* und diese wird auf circa 65 *mm* zusammengedrückt; hierbei beträgt der Hub der Form etwa 17 *mm*, so dass die gesammte Eindringung des Oberstempels bei 22 *mm*, jene des Unterstempels bei 25 *mm* beträgt.

Nach erfolgter Pressung sinkt der Kolben und auch die Form, so dass der Oberstempel nicht mehr in die Form hineinragt und eine weitere Linksverschiebung des Schlittens so weit erfolgen kann, dass die Form nach oben zu frei wird. Ein neuerlicher Hub des Pistons drückt den gepressten Ziegel aus und der nun erfolgende Rechtsgang des Schlittens schiebt den Ziegel auf der Gleitbahn aus, während gleichzeitig das Kästchen *k* aus dem Rohre *r* mit frischem Material gefüllt wird, welches es bei der weiteren Bewegung des Schlittens *s* in die Form entleert. Durch das besprochene Zusammenwirken des unteren und oberen Stempels wird in raschester und einfachster Weise eine ausgezeichnete Gleichförmigkeit des Productes erzielt. Die ruckweisen Bewegungen des Schlittens gehen von einer grossen Nuthscheibe aus, welche sich an der im Obertheile der Maschine gelagerten Hauptwelle befindet, an welcher auch die beiden Steuerscheiben (Excenter genannt, aber keineswegs Kreisexcenter) aufgekeilt sind, deren eine auf das Druckventil, deren andere auf das Auslassventil einwirkt. Das Druckwasser kommt von einem Gewichtsaccumulator und besitzt 40 Atmosphären Pressung.

Damit der Piston oder Kolben der hydraulischen Presse bei geöffnetem Auslassventil rascher sinkt, ist er mit ausserhalb angebrachten Belastungsgewichten von zusammen 500 *kg* versehen.

Die Bohrung des Ablassventiles beträgt 30 *mm*, die des Druckventiles 16 *mm*.

Die Maschine Czerny's liefert 400 bis 500 Stück Ziegel pro Stunde und kostet 2800 fl.

Prägen und Stanzen.

Lässt man zwei im Querschnitt gleich grosse Stempel, welche beide mit vertiefter Gravur versehen sind, auf eine dazwischen liegende Scheibe bildsamen Metalles pressend einwirken (Fig. 369), während Scheibe und Stempel von einem kräftigen Ringe umschlossen sind, welcher seitliches Fliessen des Metalles verhindert, so fliesst das Metall bei hinreichendem Drucke in die Vertiefungen

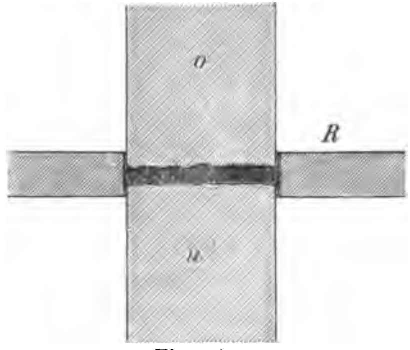


Fig. 369.
Prägen. *o* Oberstempel, *u* Unterstempel, *R* Prägring.

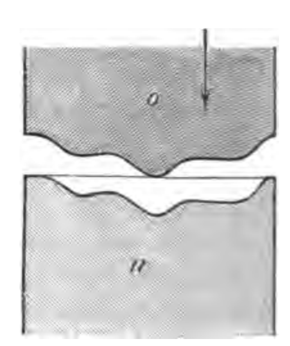


Fig. 370.
Stanzen. *o* Oberstempel oder Patrize, *u* Unterstempel oder Matrize.

der Gravur der beiden Stempel ein. Auf diesem Wege erhält man eine Metallscheibe, welche beiderseits erhabene, voneinander unabhängige Figuren aufweist, und man nennt sie Prägstück und die Operation das Prägen.

Wendet man jedoch zwei Stempel an, von welchen der eine vertieft, der zweite derart erhaben gearbeitet ist, dass die beiden Stempel ineinander passen, legt man zwischen diese Stempel ein dünnes Blech und gibt man Druck, so drückt und zieht der erhaben gearbeitete Stempel, Oberstempel oder Patrize, das Blech in den vertieften Stempel, Unterstempel oder Matrize, hinein und man erhält eine Blechhohlform, eine gestanzte Waare, deren beide Seiten dieselbe Figur einerseits vertieft, andererseits erhaben aufweisen; diese Operation heisst stanzen (Fig. 370). Ein Fliessen, welches einen Prägring erfordern würde, findet nicht statt

So verwandt die Operationen des Prägens und Stanzens auch sind, so wesentlich verschieden ist doch die Einwirkung der Stempel. Beim Prägen findet ein eigentlicher Fluss des Materials statt, beim Stanzen hingegen vorwaltend ein Biegen und Ziehen. Vom Prägen wird fast nur zur Erzeugung der Münzen und Medaillen Anwendung gemacht, vom Stanzen hingegen für die Herstellung der verschiedensten Gebrauchs- und Luxusgegenstände. Man stanzt Knöpfe, Uhrgehäuse, Patronenhülsen, Conservenbüchsen, Kochgeschirre, Waschbecken, Tassen, die verschiedensten Schmuckgegenstände und vieles andere. Das Stanzen ist eine Operation von höchster technischer Wichtigkeit, und insbesondere zur Massenfabrication fast aller Hohlformen aus Blech in steigender Verwendung.

Bei dem Prägen ist gewöhnlich der Unterstempel festgestellt, der Prägring und der Oberstempel beweglich. In alter Zeit wurde der Prägring nicht angewendet, die zu prägende Münzscheibe auf den Unterstempel gelegt, der Oberstempel aufgesetzt (ähnlich dem Vorgange beim Schmieden im Gesenke) und mit dem Hammer aufgetrieben. Durch das Fehlen des Prägringes erklärt sich der unreine Rand alter Münzen, durch das Aufsetzen des Oberstempels aus freier Hand die oft excentrische Prägung. Bei den Münzen des Alterthums verzichtete man auf die jetzt, Medaillen ausgenommen, stets gestellte Forderung, die Münzen so aufeinander legen zu können, dass sich Münzrollen bilden lassen. Diese praktische Forderung bedingt, dass die figurale Prägung tiefer liegen muss als der Münzrand, was der Ausbildung schöner Reliefs hindernd im Wege steht. Nur der Medaillengraveur darf die Stempel so schneiden, dass die Figur in ihren Höhen über den Rand hinausragt.

Der Prägring muss im Augenblicke der Prägung nach Fig. 369 den seitlichen Fluss des Metalles hemmen und einen gleichförmigen glatten oder gerippten Rand liefern. Soll ein Münzrand mit vertiefter Schrift gebildet werden, so geschieht dies auf einer besonderen Maschine, der Rändelmaschine, bei welcher die noch ungeprägten Münzplättchen zwischen Stahlleisten mit Hochgravur abgerollt werden, wobei sich die erhaben geschnittenen Buchstaben in den Scheibenrand einpressen.

Nach erfolgter Prägung sinkt bei den Prägmaschinen der Prägring und die Münze kann vom Unterstempel abgestreift werden. Die Prägung der Verkehrsmünzen erfolgt durch einen einzigen Druck, welcher bei der Uhlhorn'schen Prägmaschine durch Kniehebelwirkung erzielt wird (s. unten). Die erforderlichen Pressungen sind bedeutend und betragen nach meinen Versuchen annähernd

für Blei . . . . . . 1600 Atm.	für Kupfer . . . . 12000 Atm.
„ Zinn . . . . . 1900 „	„ Messing . . . 12000 „
„ Zink . . . . . 7000 „	„ Bronze . . . 13000 „
„ Aluminium . . 11000 „	„ Eisen . . . . 14000 „

Hohe Prägungen, wie sie bei Medaillen häufig vorkommen, bedürfen auf den gebräuchlichen Prägmaschinen wiederholter Pressung und wiederholten Glühens.*)

Die Prägstempel sind aus gehärtetem Stahle. Da bei dem Prägen von Münzen viele Stempel verbraucht werden, theils durch Zerspringen, theils durch Abspringen kleiner Theile, so werden dieselben nie unmittelbar durch Tiefgravur erzeugt, sondern es werden mittelst Hochgravur (oder durch Tiefgravur s. unten) zwei Stempel hergestellt, welche den beiden Münzseiten entsprechen, und nachdem dieselben gehärtet sind, werden sie in ein sehr kräftig wirkendes Fallwerk eingesetzt und in weiche Stahlstücke abgeklatscht. Die Hochgravur setzt sich so in Tiefgravur um, und man ist in der Lage, eine grosse Zahl ganz gleicher Stempel herzustellen. Durch drehen und schliesslich durch härten, sowie nachschleifen und polieren werden die Stempel fertig gestellt.**) Mit jeder Münze ist zu diesem Zwecke eine eigene Werkstätte verbunden, in welcher die Arbeit des Graveurs vervielfältigt wird. Das Verfahren der Prägstempelherstellung kann auch so abgeändert werden, dass der Graveur die Tiefgravur herstellt, dieser Stempel nach dem Härten zur Erzeugung von Patrizen verwendet wird und von diesen jene Matrizen gebildet werden, welche als Prägstempel in der Münze zur Verwendung kommen.

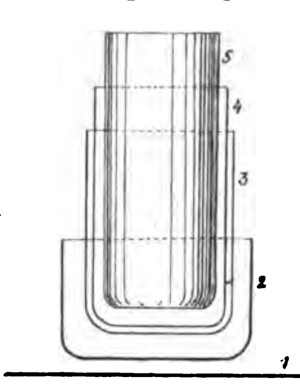


Fig. 371. Uebergangsformen beim Stanzen.

Aehnlich ist auch der Vorgang bei der Herstellung der Stempel für das Stanzen. Der Stempelschneider stellt gewöhnlich nur die Matrize her, zuweilen auch nur die Patrize, und der Gegenstempel wird durch Abpressen oder Abschlagen erzeugt, wobei zuweilen das auszubildende Gegenstück glühend in das Schlagwerk eingesetzt wird.

Werden durch das Stanzen Hohlformen gebildet, wie sie Fig. 371 darstellt, so kann als Unterstempel ein Ring verwendet werden, in welchen der Oberstempel eintritt. Bei der Bildung der

*) Siehe Näheres in Karmarsch-Heeren, techn. Wörterb., III. Aufl., Bd. 6, S. 196

**) Ebendort Bd. 7, S. 16 bis 19.

ersten Hohlform können zwei Operationen in eine vereinigt werden, das Lochen und das Stanzen. Man kann der Maschine dann einen Blechstreifen zuführen und es wird aus demselben zuerst eine Kreisscheibe geschnitten und diese sofort zur Hohlform gedrückt. Der Vorgang kann durch verschiedene Werkzeuge erzielt werden, zwei wesentlich verschiedene Anordnungen zeigen die Fig. 372 und 373, welche wohl ohne weitere Erklärung verständlich sein dürften, sobald man weiss, dass der Theil I das Ausschneiden der Kreisscheibe zuerst, der Stempel II dann sofort das Stanzen bewirkt. Bei der älteren Anordnung (Fig. 372) ist der Oberstempel auf eine gewisse Höhe hohl und die gestanzten Stücke fallen durch einen seitlichen Ausschnitt aus.

Besteht das Scheibchen aus sehr dünnem Bleche, dann tritt beim Stanzen die Gefahr ein, dass sich dasselbe faltet. Es

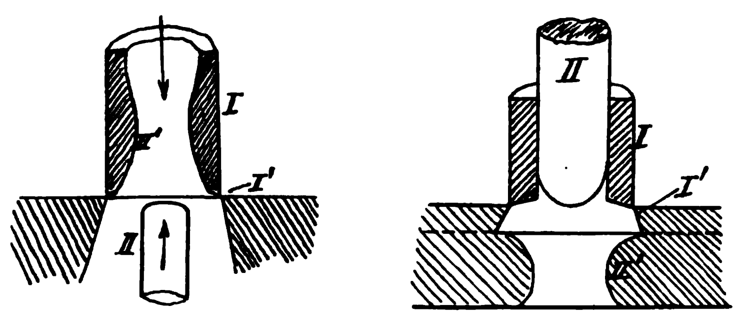


Fig. 372. Fig. 373.

wird dieses Falten dadurch vermieden, dass man den Stempel mit einem Rohre umgibt, dessen untere ebene Endfläche mittelst einer kräftigen Feder oder in anderer Weise auf das auf der Matrize liegende Blech gedrückt wird. Indem die Patrize sich niederbewegt und das Blech in die Matrize drückt, zieht sie dasselbe zwischen den ringförmigen klemmenden Flächen heraus, wobei wegen des nach einwärts abnehmenden Durchmessers schon zwischen den Klemmungsflächen ein regelmässiger Fluss des Materials stattfinden muss.

Die Anordnungen können sehr verschieden ausgeführt sein, eine derselben zeigt Fig. 374 nach einer von Bliss & Williams in Brooklyn, N.-Y., ausgeführten Stanzmaschine. In dem Rohre *R* befindet sich ein Kolben *K*, der mit seiner Oberfläche einige Millimeter unter die Bettkante gestellt ist. In dieser Lage wird er durch die Feder *F*, welcher man eine verschiedene Spannung mittelst der Schraube *S* ertheilen kann, erhalten. Durch die Stanzen *A* und *B*

wird das Blech zunächst in entsprechender Grösse ausgeschnitten und bei weiterem Niedergange der Matrize *A* über die Patrize *C* gebogen, während der Blechrand zwischen der unteren Fläche von *A* und dem nachgiebigen Ringe *rr* geklemmt wird, mit einem Drucke, welcher der Federspannung entspricht. Der Ring *rr* ist in *B* entsprechend geführt, stützt sich durch vier oder sechs Stifte gleicher Länge auf die obere Fläche des Kolbens *K* und kann nachgeben, wenn der Druck die Federspannung überwindet. Ist das Blech über *B* fertig gepresst und hebt sich *A*, so drückt die Feder *F* mittelst des Ringes *r* das gestanzte Stück heraus. Ist die Presse unter 45° bis 60° geneigt, so rutscht das ausgehobene Stück selbstthätig ab. Bei schon gestanzter und ausgeglühter Waare muss die Gestalt der Klemmungsflächen für den Rand der bereits erlangten Form angepasst sein.

Aus Messingblech werden vielerlei gestanzte Waaren hergestellt, bei welchen die zu bildenden Reliefs eine sehr verschiedene Beanspruchung des Bleches bedingen. Man kann nicht mit einem Schlage bis zur fertigen Endform gelangen, will aber häufig doch nur eine Stanze benützen.

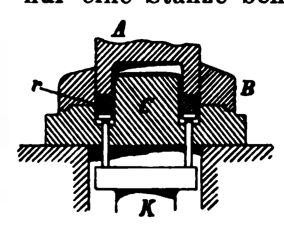


Fig. 374.

In diesem Falle kann folgender Kunstgriff zur Anwendung kommen: Man verbindet mit dem Fallklotze des Schlagwerkes, welches weiter unten besprochen wird, einen Bleiklotz und lässt den Bär sammt dem Bleistücke gegen die unten angebrachte Stahlmatrize mehrmals fallen, wodurch sich eine Bleipatrize ausbildet. Wird nun auf die unten angebrachte Matrize das zu stanzende Messingblech gelegt und erfolgt der Schlag, so wird wohl das Blech in die Matrize eingetrieben, aber der Weichheit des Bleies wegen werden sich die stärker vorspringenden Theile des Reliefs, namentlich die scharfen Kanten abstumpfen, und somit nur ein Vorstanzen erzielt. Da es sich hier um Massenartikel handelt, so wird die ganze Serie der zu stanzenden Stücke so vorbereitet. Hierauf glüht man sie aus und wiederholt das Verfahren in der Weise, dass nun mit dem

Bär eine Zinnpatrize, in gleicher Weise hergestellt, verbunden und zur Wirkung gebracht wird. Ist es erforderlich, so kann bei der dritten Stanzung eine Kupferpatrize und endlich bei der letzten die Stahlpatrize angewendet werden. Entsprechend der zunehmenden Härte von Blei, Zinn, Kupfer und Stahl werden die Patrizen stets schärfere Kanten behalten und das Stanzen daher ähnlich allmählich erfolgen, als ob Stanzen mit zunehmenden Höhen Verwendung fänden.

Ein fernerer Kunstgriff ist auch der, dass man mehrere, drei bis sieben, dünne Bleche übereinander gelegt der Wirkung der Stanzmaschine aussetzt; nach jedem Schlage wird das unterste, welches an der Stahlmatrize anlag und die Endform erlangt hat, entfernt und oben ein ebenes Blech aufgelegt.

Die meisten gestanzten Waaren sind aus dünnen zähen Blechen (Eisen, Kupfer, Messing, Silber etc.) im kalten Zustande hergestellt. Dicke Flusseisenbleche (Kesselbleche) werden jedoch auch glühend gestanzt oder, wie man hierbei meist sagt, „gepresst". Principiell ist im Verfahren kein Unterschied, das mechanische Mittel aber muss eine sehr kräftige, speciell für diesen Zweck gestaltete hydraulische Presse sein.

Theoretisch ist das Stanzen noch nicht untersucht, d. h. es fehlt noch die Kenntniss der Beziehungen zwischen Deformation und mechanischer Arbeit, welche nur aus Versuchen abgeleitet werden kann.

Für die in Fig. 371, S. 388, dargestellten einfachen Formen seien zu einiger Orientierung nachstehende, aus der Erfahrung genommene Masse der aufeinanderfolgenden Uebergangsformen gegeben.

Patronenhülse aus Kupferblech		Raketenhülse aus Flusseisen	
Länge (Höhe) Millimeter	äusserer Durchmesser Millimeter	Länge (Höhe) Millimeter	äusserer Durchmesser Millimeter
12·8	17·4	55	141
20·5	15·3	69	122
33·5	14·2	83	106
34·3	14·1	90	98
44·0	13·2	110	84
60·0	12·2	156	71·5
		182	65·5
		231	62
		303	60
		340	57

Die Eisenscheibe hatte ursprünglich 200 *mm* Durchmesser und 6 *mm* Dicke, die Wandstärke des letzten Stückes betrug am oberen Theile 2 *mm*.

Die grösste Abnahme des Durchmessers betrug 13%, die gewöhnliche 7 bis 9%, die grösste Verlängerung 65%, die gewöhnliche 10 bis 30%.

Das Stanzen eines Zweigrohres nach dem Verfahren von Chillingworth in Nürnberg erfolgt in nachstehender Weise:

Ein kurzes cylindrisches Rohr vorzüglichen Materials (Mannesmann) wird glühend aus der Gestalt I (Fig. 375) zunächst in die Gestalt II durch Stanzen gebracht. Hierauf wird kalt durch Lochen und Aufweiten die Form III und endlich durch Kalibrieren die Form IV erhalten.

Das glühende Rohr wird auf einen die Oberstanze *o* (Fig. 376)

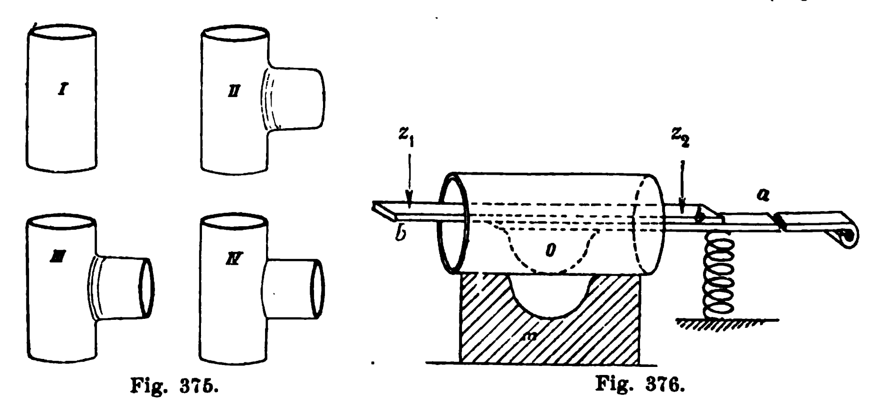


Fig. 375. Fig. 376.

tragenden Arm *a* aufgeschoben und ist die Stellung durch einen Anschlag bestimmt. Auf den Arm *a* wird durch das Rohr die prismatische Beilage *b* geschoben. Die Unterstanze oder Matrize *m* befindet sich in richtiger Lage festgestellt. *a* und *m* sind entsprechend an einer rasch wirkenden Presse angebracht, mit deren Presstempel, beziehungsweise Schlitten, ein Kopf verbunden ist, welcher zwei Zapfen trägt; diese Zapfen drücken beim Niedergange des Schlittens bei z_1 z_2 auf die Beilage und bringen die Patrize *o* zur Wirkung. Die angewendete Presse ist mit lose auf der Krummzapfenwelle sitzendem Schwungrade und damit verbundener Riemenscheibe versehen und wird durch Einrückung einer Frictionskuppelung zur Wirkung gebracht. Die Arbeit geht sehr rasch von statten.

Das auf das Stanzen folgende Lochen erfolgt in kaltem Zustande durch einen gewöhnlichen Durchschnitt. Zur genauen Form-

gebung, dem sogenannten Kalibrieren, welche Arbeit namentlich in der Beseitigung der Abweichungen von der richtigen Cylinderform der Rohrtheile und der Rectification des Durchmessers besteht, wird eine drehbankähnliche Vorrichtung verwendet, mit deren Spindelstock das Werkzeug derart verbunden ist, dass dasselbe rotiert. Die Anordnung der Bank, sowie die Form des Werkzeuges *w* erhellt aus Fig. 377. Das zu kalibrierende Arbeitsstück ist in eine Kluppe *k* von entsprechender Form gespannt und wird mit der dasselbe stützenden Docke *D* gegen das rotierende Werkzeug *w* gedrückt, welches bei dem allmählichen Eindringen die Form des Werkstückes rectificiert.

Hieran reiht sich das Verfahren des Ingenieurs Carl Huber, Hohlgefässe mit erhabenen Figuren zu verzieren. Zu diesem Zwecke wird das mit Blei ausgegossene Hohlgefäss in eine mehrtheilige Stahlform eingeschlossen, welche an der Innenfläche mit

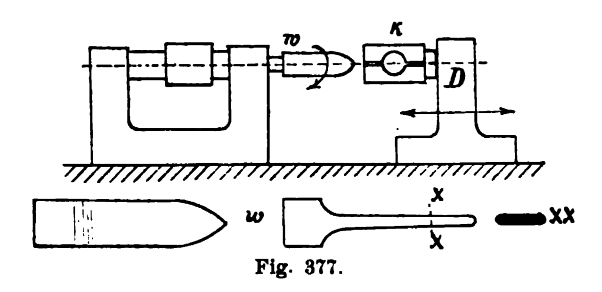


Fig. 377.

vertiefter Gravur versehen ist; die Stahlform ist von einem äusseren, sehr kräftigen Mantel umschlossen und der Raum zwischen Mantel und Form mit Blei ausgegossen. Durch einen Stempel, welcher, durch eine Oeffnung der Stahlhülle geführt, auf das im Hohlgefässe befindliche Blei drückt, wird dasselbe derart gepresst, dass es die Wandungen in die vertiefte Gravur der Stahlform drückt. Nach erfolgter Pressung wird das Ganze so weit erhitzt, bis das Blei schmilzt und ausgegossen werden kann. Die Stahlform lässt sich aus dem Mantel heben und ihre Theilstücke können von dem mit Hauterelief versehenen Gefässe abgezogen werden. Das Ergebniss dieser Arbeit ist eine Waare, welche sonst nur mit Hilfe des Treibens hergestellt werden kann.

Stanzmaschinen und Prägwerke.

Die mechanischen Mittel für das Stanzen und für das Prägen sind vielfach dieselben und seien sie zusammen besprochen, nur die lediglich zum Stanzen ehemals verwendeten Werkzeuge Anke

und Buckeleisen seien vorerst durch untenstehende Fig. 378 und 379 dargestellt. Mit diesen Werkzeugen stellte man aus kleinen Blechscheibchen kugelsegmentförmige Hohlformen für Knöpfe her. Die Anke ist ein Messing- oder Bronzewürfel mit kugeligen Grübchen, zu welchen ein Satz von Buckeleisen gehört, welche mit Hammer oder Schlegel zur Wirkung gebracht werden.



Fig. 378. Buckeleisen.

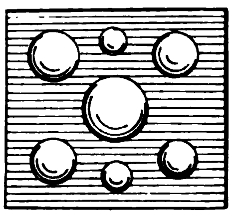


Fig. 379. Anke.

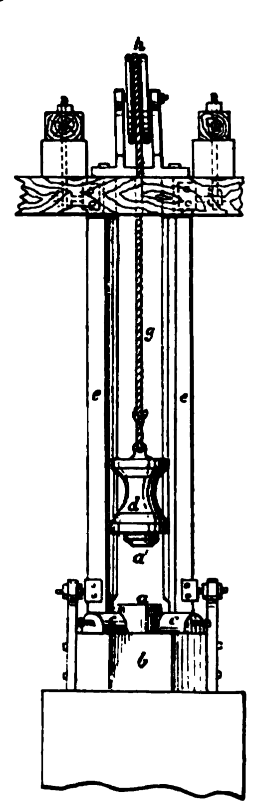


Fig. 380. Fallwerk.

Als Stanzmaschinen finden das Fallwerk, die Schraubenpresse und die Excenterpresse zumeist Anwendung.

Das in Fig. 380 dargestellte Fallwerk besteht aus einem vertical geführten Fallklotz oder Bär, an welchem unten die Patrize befestigt ist und der einstellbaren Matrize. In unserer Figur sind *a* die Matrize, *a'* die Patrize, *b* ein Gusseisenblock mit Ansätzen *c*, durch welche die Stellschrauben für die Matrize gehen, *d* der Fallklotz, *e, e* die Führungsschienen desselben, *g* das über die Rolle *h* gehende Seil, welches auf der Rückseite in einen Steigbügel endet. Mit dem Fusse in dem Steigbügel hebt der Arbeiter den Bär.

Diese Maschine kann auch so abgeändert sein, dass die Seilrolle *h* maschinell angetrieben wird, in welchem Falle der Arbeiter nur die Spannung der Schnur zu besorgen braucht, während der Hub des Bärs durch die Seilreibung veranlasst wird. Von Wesenheit für die Arbeit ist gute Verticalführung des Fallklotzes und richtige Centrierung der Matrize; diese beiden Bedingungen müssen bei jeder Stanzmaschine erfüllt sein.

Eine grosse Schraubenpresse, welche für grössere Stanzarbeiten, z. B. Tassen, Waschbecken u. dgl. Verwendung finden kann, in früherer Zeit aber auch als Prägwerk diente, ist in Fig. 381 dargestellt. *a* und *a'* sind Matrize und Patrize, letztere ist mit dem Prisma *c* verbunden, welches in *d* seine Führung findet. Die mehr-

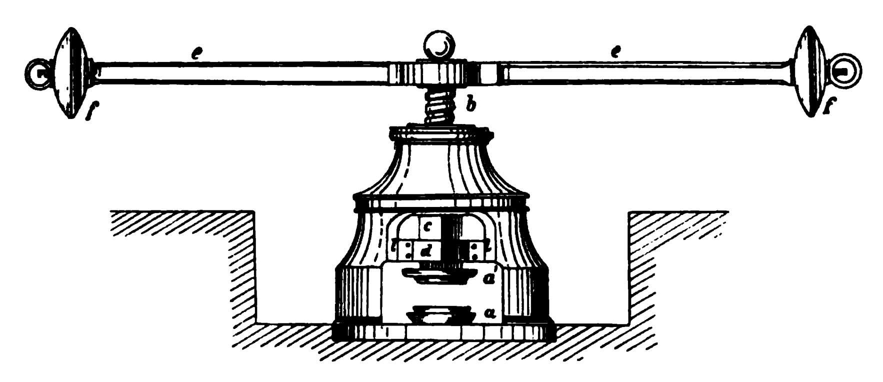


Fig. 381. Stanzmaschine, Prägwerk.

gängige Schraube *b* findet ihre Mutter in dem oberen Theile des Ständers und ist mit *c* durch einen eingedrehten Hals (S. 172) verbunden. Der Kopf der Schraube ist zum Doppelarme, Balancier *ee* ausgebildet, an dessen Ende die Schwungmassen *ff* sitzen. Die an *f* befindlichen Ringe gestatten der Hand des Arbeiters bequemen Angriff. Durch Fassen der Ringe und Abstossen in tangentieller Richtung an ihre Bahn wird der Balancier in rasche Drehung gesetzt, hierdurch auch die Schraube, welche in der festgehaltenen Mutter niedergeht, das Prisma *c* sinkt, die Oberstanze *a'* stösst gegen die Unterstanze *a*. Hierbei kommt die bedeutende lebendige Kraft der bewegten Massen*) innerhalb des geringen Weges der Formänderung als gewaltiger Druck zur Wirkung.

---

*) Die lebendige Kraft rechnet sich aus dem Trägheitsmomente mal dem halben Quadrate der Winkelgeschwindigkeit. $A = \Sigma \frac{mv^2}{2} = \frac{w^2}{2} \Sigma mr^2 = \frac{w^2}{2} \cdot T$

welcher der erforderliche Druck durch einen Kniehebel erzielt wird. Derselbe kann hier zur Anwendung kommen, weil der Weg, welchen der Oberstempel zurücklegen muss, nur klein ist. Die Fig. 383 deutet den Mechanismus schematisch an. *o* ist der Oberstempel, *u* der Unterstempel, *r* der Prägring. Die den Oberstempel tragende Stange *S* ist als kräftige lange Feder ausgebildet, durch deren Federwirkung die Pfanne stets gegen das sogenannte Pendel (Stoss) *4* gedrückt wird. Aus der Fig. 383 ist ersichtlich, dass die Theile *1* bis *6* als Kniehebel wirken. Die den Prägering *r* tragende Stange *s* erhält geringe Verticalverstellung, zufolge welcher der Prägring die Stempel, beziehungsweise die Münze, im Augenblicke der Prägung umschliesst, nach erfolgter Prägung aber sinkt und die Münze dem Abstreicher freigibt.

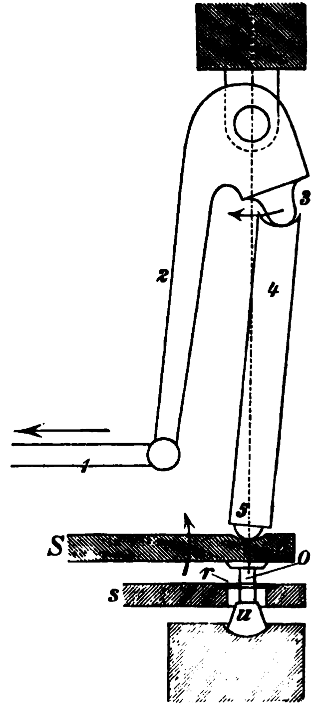


Fig. 383. Kniehebelpresse.

Die Zuführung der Münzplatte zwischen die Prägstempel, sowie das Abstreifen der fertigen Münze erfolgt vollständig selbstthätig. Uhlhorn's Prägmaschine ist eine der ersten selbstthätig oder automatisch wirkenden Arbeitsmaschinen und beansprucht in diesem Sinne auch historisches Interesse.*)

*) Siehe Prechtl's Technol. Encyklopädie, Bd. 10, S. 255, Taf. 212 und 213. Es sei bei dieser Gelegenheit überhaupt auf dieses classische Werk aufmerksam gemacht, welches wohl theilweise veraltet ist, aber infolge der Gediegenheit seiner Mittheilungen nach mancher Richtung bleibenden Werth besitzt.

Das erste Heft umfasst:

e mechanisch-technologischen Grundbegriffe:

Geschichte des Faches, Eintheilung der Materialien nach ihren massgebenden Arbeitseigenschaften.

Das Gesetz vom Gebrauchswechsel, Arbeitsverbrauch bei Formänderungen, Veränderung der Dichte, Einfluss der Geschwindigkeit, Härte, Zähigkeit, Sprödigkeit.

e wichtigsten Rohmaterialien des Maschinenbaues:

Das Eisen: Roheisen, schmiedbares Eisen — Schweisseisen, Schweisstahl, Flusseisen, Flusstahl.

Die Verfahren der Eisenerzeugung.

Kupfer, Zink, Zinn, Blei, Antimon, Aluminium etc.

Metall-Legierungen.

Das Holz. Allgemeine Bemerkungen über Materialien.

ie passiven Hilfsmittel der Bearbeitung:

Mittel zum Messen und Linienziehen. — Zirkel, Lehren, Kaliber etc., die Feinmessmaschinen.

Mittel zum Festhalten. — Schraubstöcke, Zangen, Hobelbank etc. etc.

Mittel zur Erhitzung. — Theoretisches, die Pyrometer, Feuer oder Herde, Windöfen, Schachtöfen, Flammöfen, Gefässöfen, Gasöfen, Knallgasöfen, Elektrische Öfen.

Das vorliegende zweite Heft umfasst:

ie Zerkleinerungs-, Sortierungs- und Mengungsarbeiten:

Sprengen, Spalten, Steinbrechen, Stampfwerke, Mörsermühlen, konische Mühlen, Kugelmühlen, Mahlgänge, Scheibenmühlen, Walzenmühlen, Desintegratoren etc.

Sieben, Siebsetzen, Filtrieren etc., Knetmaschinen etc.

ie Arbeiten zur Aenderung der Gestalt:

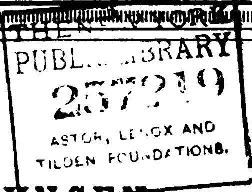
Giessen, Hammerarbeit und Schmieden, Walzen, Ziehen, Pressen, Prägen und Stanzen.

Das dritte Heft

ird enthalten das Biegen, Bördeln und Abscheeren, sowie jene beiten, bei welchen die Formänderung durch Abtrennen von änen erfolgt (Meisseln, Feilen, Drehen, Bohren, Fräsen, Schleifen . etc.), die hierher gehörigen Werkzeugmaschinen und eine kurze sprechung der Zusammenfügungs- und Verschönerungsarbeiten.

K. u. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme in Wien.

Cj. c. T-P4 ...



VORLESUNGEN ÜBER MECHANISCHE TECHNOLOGIE

DER METALLE, DES HOLZES, DER STEINE UND ANDERER FORMBARER MATERIALIEN

VON

FRIEDRICH KICK
K. K. REGIERUNGSRATH UND PROFESSOR AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN WIEN.

MIT VIELEN ABBILDUNGEN.

III. HEFT.

LEIPZIG UND WIEN.
FRANZ DEUTICKE.
1898.

Verlags-Nr. 552.

Im gleichen Verlage sind ferner erschienen:

Buchka, Dr. Karl v., **Lehrbuch der analytischen Chemie.**
I. Theil: Qualitative Analyse. 1891. Mit 5 Abbildungen und einer Spectraltafel. fl. 3.60. M. 6.—
II. Theil: Quantitative Analyse. 1892. Mit 12 Abbildungen. fl. 4.20. M. 7.—

Exler, K. **Reactionsschema für die qualitative Analyse.** 1894 fl. —.50. M. 1.—

Exner, Prof. Dr. Franz, **Vorlesungen über Elektricität,** gehalten an der Universität zu Wien. 1888. fl. 8.40. M. 14.—

Fajans, Ludwig, **Einführung in die Praxis der Fettindustrie.** 1897. Mit 23 Abb. fl. 1.20. M. 2.—

Fanderlik, Prof. F., **Lehrtext für Baukunde.** Ausbau der Gebäude. 1894. fl. 1.—. M. 1.80

Flögel, Prof. Gregor, **Leitfaden für den ersten Unterricht in der Chemie.** 1882. geb. fl. 1.—. M. 1.80

Georgievics, Prof. Dr. Georg v., **Der Indigo vom praktischen und theoretischen Standpunkt dargestellt.** 1892. Mit 8 Holzschnitten im Texte und einem Diagramm der Bewegungen des Werthes von Bengalindigo. fl. 3.60. M. 6.—

Georgievics, Prof. Dr. Georg v., **Lehrbuch der chemischen Technologie der Gespinstfasern.**
I. Theil: Die Farbenchemie. 1895. fl. 4.20. M. 7.—
II. Theil: Gespinstfasern, Wäscherei, Bleicherei, Färberei, Druckerei, Appretur. 1898. Mit 47 Abb. fl. 5.40. M. 9.—

Graetz, Dr. L., **Compendium der Physik.** Für Studirende. Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. 1894. Mit 257 Abb. fl. 4.20. M. 7.—

Haas, Philipp Ritter v., **Tabellen zur qualitativen chemischen Analyse.** 1892. fl. 1.80. M. 3.—

Hartl, Prof. Hans, **Uebungsbuch für den Unterricht in der allgemeinen Arithmetik und Algebra** an Werkmeisterschulen, Baugewerkenschulen und verwandten Lehranstalten. Mit 10 in den Text gedruckten Figuren, gegen 3000 Aufgaben und deren Resultaten. 1896. geb. fl. 1.20. M. 2.—
(Für Deutschland und Oesterreich gesonderte Ausgaben.)

Hartl, Prof. Hans, **Lehrbuch der Planimetrie** Für den Unterrichtsgebrauch und für das Selbststudium. Mit 216 in den Text gedruckten Figuren, einer Tabelle und zahlreichen Uebungsbeispielen. 1896. geb. fl. 1.40. M. 2.40

Hartl, Prof. Hans, **Aufgaben aus der Arithmethik und Algebra.** Für den Gebrauch an höheren Gewerbeschulen und für das Selbststudium zusammengestellt und methodisch geordnet. 2. Aufl. 1898. Mit 20 Fig. geb. fl. 1.80. M. 3.—

Hartl, Prof. Hans, **Resultate zu den Aufgaben aus der Arithmetik und Algebra.** 1894. fl. —.90. M. 1.50

Hlasiwetz, Prof. Dr. H., **Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse.** Zum Gebrauch bei den praktischen Uebungen im Laboratorium. 11. Aufl., durchgesehen und ergänzt von Dr. R. Benedikt. 1895. fl. —.60. M. 1.—

Hoff, J. H. van't, **Stereochemie.** Nach Hoff's: „Dix annés dans l'histoire d'une théorie." Unter Mitwirkung des Verfassers neu bearbeitet von Dr. W. Meyerhoffer. 1892. Mit Figuren im Texte. fl. 2.40. M. 4.—

Kalmann, Prof. Wilhelm, **Kurze Anleitung zur chemischen Untersuchung von Rohstoffen und Producten der landwirthschaftlichen Gewerbe und der Fettindustrie.** 1896. Mit 3 Abb. im Text. fl. 1.80. M. 3.—

Kirschner, Doc. L., **Grundriss der Erzaufbereitung.**
I. Theil: Zerkleinerung, Handscheidung, Abläutern und Uebersicht der Separation. Mit 5 Abb. im Texte und 9 Tafeln. fl. 2.40. M. 4.—

Klauser, A. H., **Lehrbuch der Vermessungskunde.** Für den Gebrauch an Gewerbeschulen, zugleich als Hilfsbuch für Bau- und Maschinentechniker etc. bearbeitet und herausgegeben von Ing. Prof. Gustav Lahn. 2. vollständig umgearbeitete Aufl. 1895. Mit 110 Fig. und einer Tafel. fl. 2.—. M. 4.—

Körner, Prof. Franz, **Lehrbuch der Physik** für den Gebrauch an höheren Gewerbeschulen und zum Selbststudium. 1897. Mit 642 Abb. und 2 Farbentafeln. geb. fl. 3.20. M. 5.50

Körner, Prof. Franz, **Naturlehre für gewerbliche Lehranstalten,** insbesondere für Baugewerkenschulen. 1898. Mit 152 Abb. cart. fl. —.75. M. 1.25

Krafft, Prof. Dr. F., **Kurzes Lehrbuch der Chemie.**
Anorganische Chemie. 3. vermehrte und verbesserte Aufl. 1898. Mit zahlreichen Holzschn. und einer Spectraltafel. fl. 5.40. M. 9.—
Organische Chemie. 2. vermehrte und verbesserte Aufl. 1897. Mit in den Text gedruckten Holzschnitten. fl. 9.—. M. 15.—

6. Abschnitt.

Geraderichten und Biegen von Draht, Rundeisen, Blech, Röhren und Holz.

Geraderichten ist ein Biegen aus der Krümmung in die Gerade — Biegen ein Umformen aus der Geraden in eine bestimmte Krümmung; beide Operationen sind verwandt und erheischen einen gewissen Fluss der Massentheilchen. Soll ein gekrümmter Stab gerade gerichtet werden, so ist zu bedenken, dass auf der convexen Seite die Länge des Stückes (Bogenlänge) eine grössere ist als auf der concaven, das Geraderichten daher in einem Gleichmachen der Bogenlängen bestehen muss. Will man das Geraderichten mit dem Hammer erzielen, so muss man trachten, durch die auf die concave Seite gerichteten Schläge diese zu strecken. Nur dann, wenn die Hammerbahn im Vergleiche zur Bogenlänge des zu richtenden Stückes gross ist, wird es möglich sein, zwischen dieser und der Amboss-

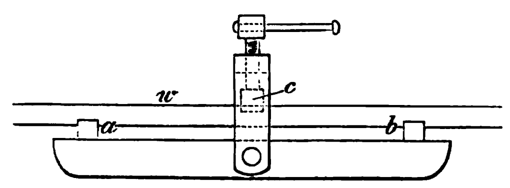


Fig. 384. Schraubenpresse.

bahn ein Geradequetschen durch einen gegen die convexe Seite geführten Schlag zu erzielen. Das Geraderichten eines dickeren Rundeisens, z. B. für eine Transmissionswelle bestimmt, kann mit dem Hammer deshalb nicht gut erzielt werden, weil die gebräuchlichen Hämmer in den äusseren Schichten des Materials Spannungen zurücklassen, welche bei der weiteren Bearbeitung durch das Abdrehen dieser Schichten entfernt werden, worauf häufig von neuem eine Krümmung eintritt.

Weit besser eignet sich eine Schraubenpresse, Fig. 384, welche aus einem kräftigen Balken und damit verbundener Flasche besteht. Die Welle *w* ist durch *a b* gestützt und wird bei *c* durch die Druckschraube gedrückt, bis das zwischen *a b* liegende Wellenstück gerade ist. Durch Verschiebung dieser Vorrichtung längs der Welle und wiederholtes Pressen findet das Geraderichten statt.

Mittelst einer kräftigen Schleppzangenziehbank unter Anwendung eines Hartguss-Zieheisens, welches nur sehr wenig streckend oder nur schabend wirkt, kann auch das Geraderichten dicker

Rundstäbe erfolgen. Die sinnreichste Methode ist bei der von Ehrhardt in Düsseldorf eingeführten Geraderichtmaschine angewendet, bei welcher drei Walzen mit balligem Walzenbunde so wirken, dass der gerade zu richtende Stab in rasche Rotation versetzt und zugleich in seiner Längsrichtung durch die Maschine gezogen wird. Die Berührungspunkte der Walzen liegen in einer Schraubenlinie, welche auf dem Stabe gedacht werden kann, und die Neigung der Walzen entspricht der Neigung dieser Schraube. Zwei dieser Walzen oder Scheiben befinden sich an einer Achse, sie sind entsprechend stellbar und überdies sind Führungsschienen für den Stab vorhanden. Die beiden Achsen der drei Scheiben (Walzen) liegen etwas windschief.

Zum Geraderichten von Draht bedient man sich gewöhnlich der sogenannten Drahtdressur, Fig. 385, einer Vorrichtung, welche aus mehreren Röllchen besteht, in deren Umfangsrillen sich der Draht einlegen kann. Die Röllchen *1* bis *4* haben festgestellte Achsbolzen, während jene Bolzen, auf welchen die Röllchen *1'* bis *4'* laufen, auf stellbaren Schiebern montiert sind. Man stellt gewöhnlich die Rollen *1*, *2* und *1'* so ein, dass durch ihre Einwirkung der Draht stärker durchgebogen wird, um sämmtliche Krümmungen in eine Ebene zu bringen, durch die Wirkung der folgenden Rollen findet das Geraderichten statt. Der Draht wird durch die Dressur gezogen.

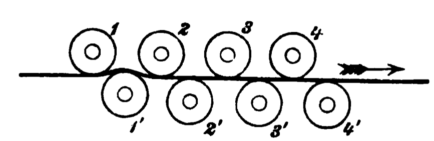


Fig. 385. Drahtdressur.

Von ähnlicher Einrichtung sind auch die Geraderichtmaschinen für Blech, nur sind die Röllchen durch Walzen ersetzt, von welchen mindestens die unteren angetrieben sind. Auch hier wirken die ersten drei (oder fünf) Walzen biegend, die folgenden erst geraderichtend ein.

Blechbiegemaschinen haben je nach dem Zwecke, beziehungsweise der Form der Biegung sehr verschiedenen Bau. Soll Blech in die Form eines Cylinders (einrollen) oder eines Cylindersegmentes (runden) gebracht werden, so bedient man sich gewöhnlich dreier Walzen mit parallelen Achsen, welche verschieden angeordnet sein können.

Für die Bearbeitung dünnen Bleches, wie es die Klempner verarbeiten, werden die Walzen nicht selten so angeordnet, wie dies Fig. 386, I und II, zeigt. Die Walzen *a* und *b* sind die Einziehwalzen, welche das Blech zu fassen und gegen die Biegewalze *c* zu führen haben. Damit das Fassen richtig, d. h. mit dem genügenden

Drucke erfolgt, muss eine dieser Walzen stellbar sein. Bei den skizzierten Anordnungen ist es die untere Walze, und ist dieselbe in excentrischen Lagern, welche verdreht werden können, gelagert. Der Arm, welcher die Drehung des Lagers bewirkt, ist punktiert angedeutet. Die Biegewalze *c* wird in Fig. 386, I, durch Excenter *e* im schiefen Schlitze, also in der Richtung *x x* gehoben; während in Fig. 386, II, die Verstellung nach *y y* durch Stellschrauben erfolgt. Wird die Biegewalze so weit gehoben, dass sich das Blech um Walze *a* zum Rohre wickelt, so muss, wenn diese Arbeit erfolgt ist, die Walze *a* sammt dem herumgewickelten Blechrohre aus ihren Lagern gehoben und das Rohr abgezogen werden können.

Bei so leichten Constructionen, wie dieselben bei den Klempnermaschinen vorkommen, verursacht dies keine nennenswerthen Schwierigkeiten, weil hier die Kraft des Arbeiters völlig ausreicht;

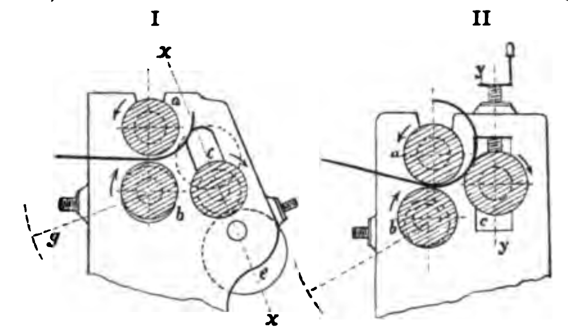


Fig. 386. Blechbiegemaschinen.

ganz anders stellt sich aber diese Aufgabe, wenn die Walze *a* 2 bis 4 *m* lang, 300 bis 500 *mm* dick ist, demnach viele Centner wiegt. Hier muss eines der Lager entfernt und die Walze in der Nähe des zweiten Lagers so unterstützt werden, dass sie freitragend wird und das Abziehen des gebildeten Rohres möglich wird.

Die Blechbiegemaschinen für Kesselblech sind häufig so eingerichtet, dass zwei Walzen in festen Lagern und in gleicher Höhe liegen $\overset{\bullet}{\bullet\quad\bullet}$; über diese beiden Walzen kommt das zu biegende Blech zu liegen. Die Biegung erfolgt durch eine dritte mittlere Walze, welche vertical verstellt werden kann. Die unteren Walzen sind die getriebenen, die obere die Schleppwalze. Der hohe Druck, welchen die obere Walze ausüben muss, wird von einer horizontalen Achse abgeleitet, an welcher im Abstande der beiden Lager zwei Schnecken (Schrauben ohne Ende) sitzen; diese wirken auf zwei Schrauben- oder Schneckenräder, in welche die Muttergewinde zur Bethätigung jener Schraubenspindeln eingeschnitten

sind, welche mit den Lagern verbunden diese niederziehen. Hierbei stützen sich die Schraubenräder an entsprechende Flächen des Gestelles. Soll die Biegung gleichmässig erfolgen, so muss der Abstand der unteren Walzen ein geringer sein. (Vgl. Hart, Werkzeugmaschinen.)

Biegen von Blech im Winkel. Soll Blech längs einer Geraden im Winkel gebogen werden, so kann dies, von Hammer und Amboss u. dgl. abgesehen, durch die Falzzange und die Deckschaufel geschehen. Dieser einfachen Werkzeuge bedient sich der Klempner für die Herstellung der stehenden und liegenden, einfachen und doppelten Falze (Fig. 387). Mit der Falzzange Fig. 388, kann ein Fassen und Umbiegen des Blechrandes erfolgen. Um die Kante *c* der Deckschaufel, Fig. 389, kann bei Mitverwendung

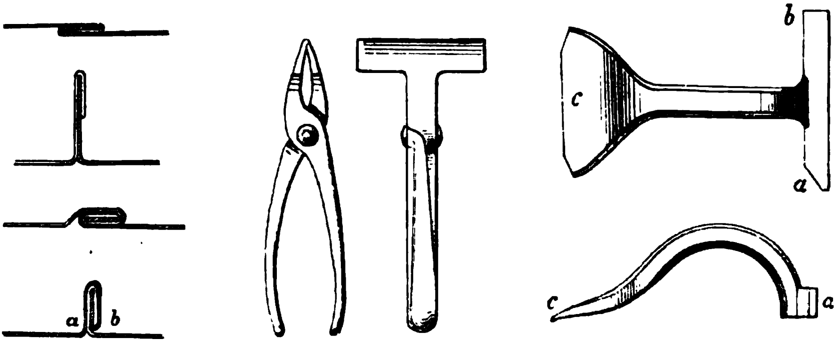


Fig. 387. Einfacher und doppelter Falz. Fig. 388. Falzzange. Fig. 389. Deckschaufel.

des Hammers ein Biegen im spitzen Winkel, um die Schiene *ab* im rechten Winkel erfolgen, wobei die Deckschaufel an dem krummen Schafte gehalten und entweder mit *a b* oder *c* parallel zum Blechrande angelegt wird. Gegenwärtig macht man von der Deckschaufel bei Dachdeckung fast nur zum Schliessen der stehenden Falze Anwendung.

Das Biegen parallel zur Kante der Blechtafeln wird fast immer maschinell besorgt und stehen verschiedene Abkantemaschinen in Gebrauch, deren Wirkungsweise die Fig. 390 und 391 andeuten.

Das Wesentliche besteht darin, dass die Blechtafel in einer schraubstockähnlichen Einspannvorrichtung parallel zur Kante geklemmt wird und der vorstehende Theil des Bleches durch einen drehbaren Backen, Biegeschiene, längs der Einspannkante umgebogen wird. Um dies thunlichst scharf zu erreichen, muss die Biegeschiene um die Einspannkante dicht an derselben

drehbar sein. Das rasche Einspannen in bestimmter Entfernung vom Blechrande wird durch eine stellbare Anschlagschiene erreicht.

In Fig. 390, I und II, sind *B*, *C* die Einspannbacken, *H* die Anschlagschiene, *D* die Biegeschiene oder Biegewange, *a b* ist das zu biegende, beziehungsweise gebogene Blech. In Fig. 391 ist *a* und *b* die Einspannvorrichtung, *e* die Biegeschiene, welche den vorstehenden Theil des Bleches *c* aus der verticalen in die horizontale Lage bringt, wobei die Biegeschiene, in der Uhrzeigerrichtung gedreht, in die punktierte Lage gelangt.

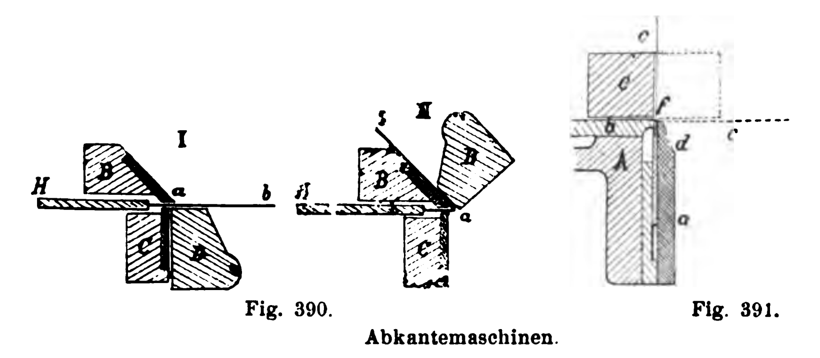


Fig. 390. Fig. 391.

Abkantemaschinen.

Die Abkantemaschinen lassen sich in der mannigfachsten Weise abändern und stehen in vielfacher Verwendung.

Das Biegen von Röhren.

Sollen Röhren gebogen werden, so muss das Einknicken an der Biegungsstelle durch Ausfüllen des Rohres mit Blei, Pech, feinem Sande oder Wasser verhindert werden. Am gebräuchlichsten ist die Ausfüllung mit Pech. Man verschliesst das eine Rohrende, giesst geschmolzenes Pech ein, lässt erkalten und biegt sodann um entsprechend festgestellte Dorne. Je nach den Dimensionen des zu biegenden Rohres bedient man sich auch mechanischer Hilfsmittel, Winden, Flaschenzüge u. a. m.

Um kreisförmige oder schraubenförmige Biegungen zu erzielen, wie letztere zu Kühlschlangen nicht selten gebraucht werden, kann man Röhrenbiegemaschinen verwenden. Diese Maschinen arbeiten mit drei Scheiben, deren Umfang einer Seilrolle ähnlich genuthet ist. Gewöhnlich sind zwei dieser Scheiben fix gelagert, die dritte ist verstellbar. Die Anordnung ist verwandt mit der S. 401 beschriebenen Biegemaschine für Blech, nur liegen die Scheibenachsen

vertical. Für schraubenförmige Biegung stehen die Achsen der Steigung der Schraube entsprechend schief gegeneinander. Ein Ausfüllen des Rohres mit Pech ist bei diesem Biegen nicht erforderlich.

Auf einem völlig anderen Principe beruht das Biegen der **Knieblechröhren**, denn hierbei werden in das Rohr regelmässige keilförmig verlaufende Falten gedrückt und dadurch die Biegung erzielt. Fig. 392 zeigt die hierzu dienliche Maschine. Die regelmässige Faltenbildung bewirkt ein Zangenapparat. Das auf den kräftigen Dorn *D* aufgeschobene, gegen die bewegliche Docke *E* sich stützende Eisenblechrohr wird von der feststehenden Zange *F*

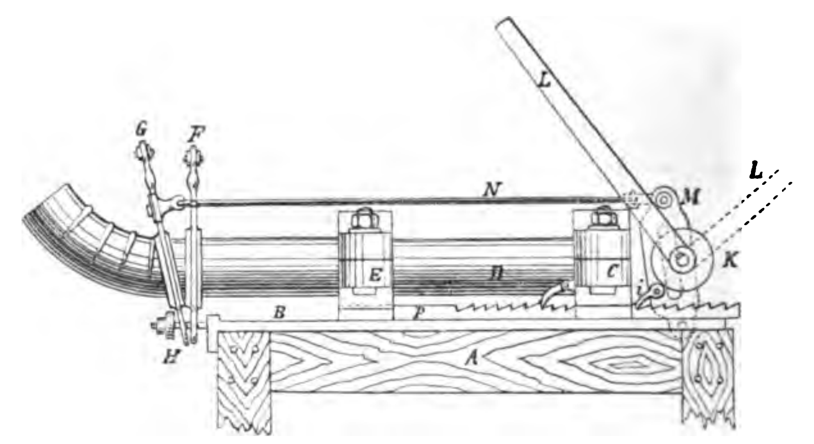


Fig. 392. Knieblechröhren-Biegemaschine.

gehalten und ragt über den Dorn vor. Die Zange *G* ist beweglich und in der gezeichneten Lage (Fig. 392) bringt man ihre Zangenbacken durch Schluss der Zange so zur Wirkung, dass sich der obere Backen in das Rohr eindrückt. Zieht man hierauf den Hebel *L* nach rechts, so vermitteln die Theile *M*, *N* eine Rechtsdrehung der Zange *G* und diese schiebt eine Blechfalte gegen die fixe Zange *F*. Bei dem nächsten Linksgange des Hebels *L* schiebt der Sperrkegel *i* die Stange *P* und Docke *E* um eine Zahnlänge nach links, wodurch auch das an *E* sich stützende Blechrohr verschoben wird; damit dies leicht geschehen kann, müssen beide Zangen zuvor geöffnet werden. Bei der Verschiebung der Docke *E* nach links gelangt gleichzeitig Zange *G* in die gezeichnete Stellung. Es werden beide Zangen geschlossen und die nächste Falte gebildet u. s. w.

Auswechslung der Zahnstange und Einstellung bei *H* gestattet Aenderung des Faltenabstandes und demnach grössere oder kleinere Krümmung.

Für zahlreiche specielle Aufgaben der Massenfabrication sind besondere Biegevorrichtungen in Anwendung, mittelst welcher die Biegung von Drähten und Blech zu ganz bestimmten Formen in kürzester Zeit durchgeführt wird. Manche dieser Vorrichtungen sind zu vollständig automatisch wirkenden Maschinen ausgebildet, so z. B. die Maschinen für die Erzeugung der Hafteln.

Das Biegen des Holzes.

Das Biegen frischen Holzes gelingt bis zu einem gewissen Grade nicht schwer und kann die erlangte Biegung durch Erhitzen an der Biegungsstelle durch entsprechend einwirkende freie Flamme oder durch scharfes Trocknen erhalten werden. Vollkommener ist jener Vorgang, welcher bei Herstellung der Möbel aus gebogenem Holze beobachtet wird. Das hierzu meist verwendete Rothbuchenholz wird zu Brettern und Latten geschnitten, weiter zugearbeitet, hierauf gedämpft und gebogen. Das Biegen erfolgt über eiserne Formen, wobei an die Aussenseite der zu biegenden Latte ein Bandeisen angelegt und mit gebogen wird, damit die gespannte Faser Stützung findet und Einreissen oder Spalten vermieden ist. Zum Biegen selbst ist eine entsprechende Zugvorrichtung in Verwendung. Das um die Form gebogene Holz wird an derselben sofort während des Biegens durch Zwingen (Leimzwingen) befestigt und mit der Form in den Trockenofen gebracht. Nach erfolgter Trocknung ist die Biegung eine bleibende und können die gebogenen Stücke von den Formen genommen werden.*)

*) Siehe Exner-Lauboeck, das Biegen des Holzes. Weimar 1893.

7. Abschnitt.

Abscheren, Lochen, Perforieren.

Denken wir uns zwei sich berührende Platten p_1 p_2, Fig. 393, mit gegenüberliegenden Vertiefungen versehen und den so gebildeten Hohlraum durch eine Masse *m* von geringerer Härte als jene des Materials der Platten dicht ausgefüllt, so wird bei relativer Verschiebung der Platten ein Abschieben des in der einen Platte befindlichen Theiles der Masse *m* von dem in der zweiten Platte befindlichen eintreten, Fig. 394. Gemeiniglich bezeichnet man diese Wirkung als abscheren, wohl auch als schneiden. Die Flächen, mit welchen beide Platten einander berühren, können ebene Flächen, sie können jedoch auch Rotationsflächen beliebiger Erzeugender oder Cylinderflächen beliebiger Leitlinie sein. Bedingung ist nur, dass sich beide Plattenflächen bei der relativen Verschiebung stets innig berühren.

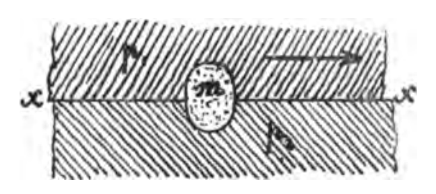


Fig. 393.

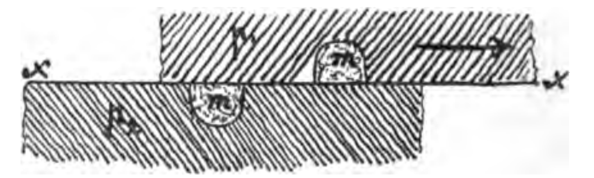


Fig. 394.

Deshalb kann auch die Theilungsfläche der Masse *m* (Schnittfläche, Scherfläche) eine Ebene, Rotations- oder Cylinderfläche sein. Je inniger der allseitige Umschluss des abzuschiebenden oder abzuscherenden Körpers ist, umsoweniger treten andere Formänderungen als secundäre Erscheinungen hinzu, desto vollkommener ist die abscherende Wirkung.

Alle jene Werkzeuge, welche Scheren heissen, beabsichtigen abschiebende, abscherende Wirkung, erreichen sie aber, wie dies gewöhnlich der Fall ist, dann nicht vollkommen, wenn der allseitige Umschluss des zu schneidenden Stückes fehlt.

Zumeist bestehen die Scheren aus zwei steifen Platten, „Blättern", welche sich dicht aneinander hinbewegen und mit ihren

Druckflächen auf das Werkstück einwirken, ohne dasselbe zu umschliessen.

Das abzuscherende Werkstück *W*, Fig. 395, ruhe auf der im Querschnitt gezeichneten Platte *B* und sei sonst noch entsprechend gehalten, die Platte *A* bewege sich in der Richtung des Pfeiles. Eine annähernd abscherende Wirkung kann nur eintreten, wenn

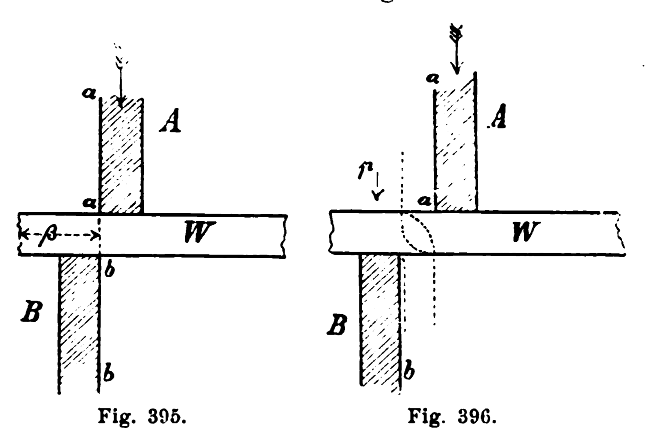


Fig. 395. Fig. 396.

die Seitenfläche *aa* des einen Backens dicht an der Seitenfläche *bb* des zweiten Backens hinstreicht, diese Flächen seien im Folgenden der Kürze wegen Scherflächen genannt. Ist zwischen den Scherflächen *aa* und *bb* ein Spielraum (Fig. 396), so wird das Werkstück *W* auf Biegung in Anspruch genommen; und zwar findet ein Abbiegen nach unten statt, wenn das Stück an *B* gehalten ist, wie dies der Pfeil *p* andeuten soll; nach oben, wenn dasselbe rechts von *A* gehalten wird.

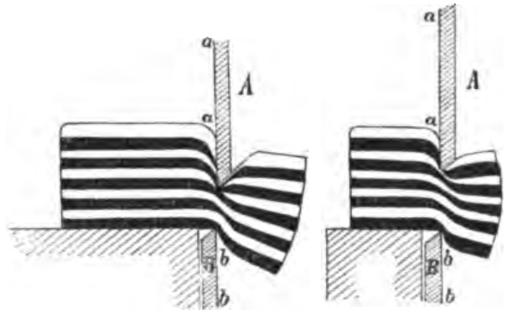


Fig. 397.

Ueber den inneren Vorgang in der deformierten Masse geben die Fig. 12, 13, S. 14, und Fig. 397 Aufschluss, wobei hervorzuheben ist, dass bei Fig. 13 die Platte *A* den Zuschärfungswinkel von 90°, in Fig. 12 und 397 den Zuschärfungswinkel von 45° besass. Der Unterschied in der Formänderung besteht nur darin, dass im ersteren Falle eine gewisse Menge des Materials der obersten Schichten durch die Druckfläche der Platte niedergeführt

wird, über welche das Abgleiten der Materialtheilchen erfolgt, während bei kleinem Zuschärfungswinkel das Abgleiten unmittelbarer an der Druckfläche des Scherblattes erfolgt. Die Schichtenverschiebungen, wie sie unsere Figur andeutet, ergeben sich bei allen bildsamen, beziehungsweise den knetbaren und den hämmerbaren Materialien; reines Abschieben oder Abscheren findet nicht statt. Der abgeschnittene Streifen zeigt, wenn er nur wenig breiter als die Dicke ist, stets eine sehr merkliche Verkrümmung und Verquetschung. Erst dann, wenn die Breite des abgeschnittenen Stückes, β Fig. 395, vielmal grösser als die Dicke des Werkstückes ist, verschwindet die formändernde Wirkung des Fliessens insofern, als sie nur bei genaueren Messungen wahrnehmbar ist. Nie ist die Trennungs- und Schnittfläche genau normal.

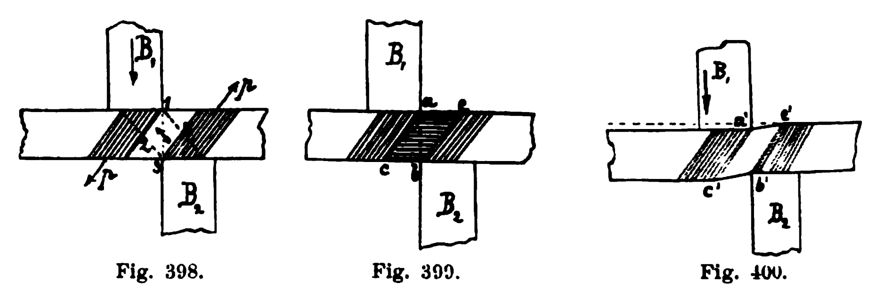


Fig. 398. Fig. 399. Fig. 400.

Prof. Alexander Rejtö hat in seinem Werke: „Die innere Reibung der festen Körper", Leipzig 1897, den Vorgang beim Abscheren in folgender Weise aufgefasst:

Fig. 398 stellt in $B_1 B_2$ die beiden Scherbacken dar, von welchen Pressungen auf das Material ausgeübt werden. Diese Pressungen sind im Raum 1, 2, 3, 4 einander entgegengesetzt.

Die schraffierten Materialpartien erhalten die Tendenz, in der Richtung der Pfeile pp auszuweichen. Das zwischen diesen Materialpartien im Raum $acbe$, Fig. 399, liegende Material wird beim Abscheren gezerrt, auf Zug beansprucht; denn geht Fig. 399 in Fig. 400 über, so verwandelt sich die Gerade ae in die Curve $a'e'$, ebenso cb in $c'b'$, und weil $a'e'$ länger als ae und ebenso $c'b'$ länger als cb ist, so findet die oberwähnte Beanspruchung auf Zug statt; $acbe$ wird schliesslich abgerissen. Diese Betrachtungsweise schliesst sich sehr gut an das von uns Gesagte an. Rejtö führt die Arbeit des Scherens auf den Zug auch rechnungsmässig zurück.

Der Grund, warum man den Scherblättern Zuschärfungswinkel anschleift, welche kleiner als 90° sind, ist weniger darin zu suchen,

dass hierdurch das Schneiden (Abscheren) als solches erleichtert würde, als vielmehr darin, dass durch die spitzwinklige Zuschärfung horizontale Componenten *H*, Fig. 401, der Normaldrücke *N* auftreten, welche die Scherblätter gegen einander pressen, wodurch ein richtiges Berühren der Seitenflächen *aa* und *bb* befördert wird, die Schneidkanten daher scharf aneinander vorüberstreichen.

Bei senkrechtem Anschliffe, wenn nicht sehr exact ausgeführt, würden sich leicht Abrundungen der Kanten einstellen, welche Reactionen ergeben müssten, die ein Auseinanderdrücken der Scherbacken nach Fig. 402 zur Folge hätten.

Aus diesen Gründen verwendet man mit Recht Zuschärfungswinkel, welche kleiner sind als 90°. Man macht diese Winkel (*α* Fig. 401) bei Metallscheren zwischen 79 und 87°, bei Zeug- und

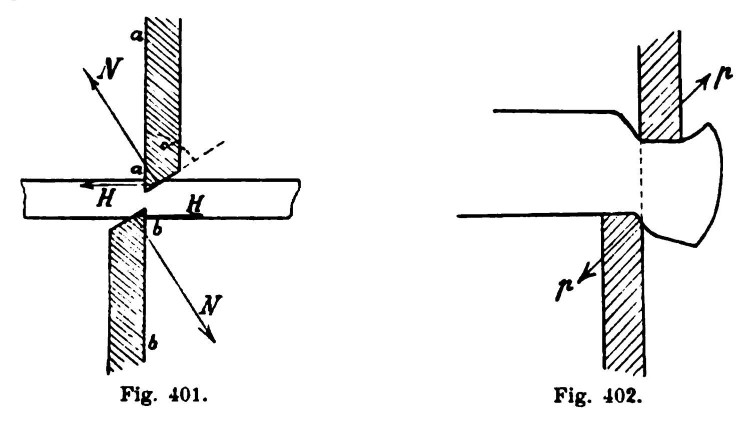


Fig. 401. Fig. 402.

Papierscheren zwischen 75 bis 85°, bei Kreisscheren für Spängler 75 bis 87°. Man könnte fragen, warum man nicht spitzere Zuschärfungswinkel anwendet. Der Grund hiervon liegt darin, dass bei spitzeren Winkeln zu leicht ein Scherblatt mit seiner Schneidkante in die Schneide des zweiten Scherblattes eindringt, wie dies aus späteren Betrachtungen klar werden wird. Eine Schere als die Verbindung zweier Messer anzusehen, ist technologisch verfehlt. Bei jeder Schere, welche ihrer Aufgabe entsprechen soll, müssen die inneren Kanten der Druckflächen oder kurz die Schneiden dicht aneinander vorübergehen; es müssen sich bei Scharnier- und bei Federbügelscheren (Papierscheren, Schafscheren etc.) die Schneiden in jenem Punkte innig berühren und mit einem gewissen Drucke gegeneinander gepresst sein, wo sich die Schneiden jeweilig kreuzen.

Diese Bedingungen erheischen je nach der Bestimmung der Schere und ihrer Bewegungsweise entweder eine sehr exacte Ver-

ticalführung oder Drehbewegung des oberen Scherblattes, bei festem unteren Blatte, derart, dass die Scherflächen oder die inneren, einander zugekehrten Seitenflächen beider Blätter stets thunlichst genau in eine Ebene fallen, sich stets berühren; oder es können beide Blätter gleich beweglich gemacht sein, aber doch völlig steif (unelastisch) und derart drehbar, dass sich die Scherflächen dicht aneinander schliessen oder endlich es kann in dem Körper der Schere durch entsprechende Formung („Schränkung") eine elastische Spannung derart gelegt sein, dass sich jene Seitenflächen nur in dem Punkte innig berühren, in welchem sich die Schneiden

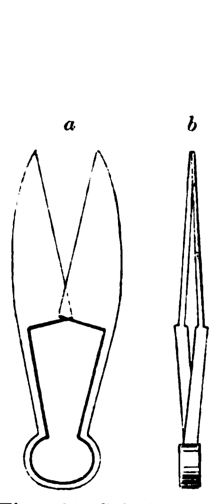




Fig. 403. Schafschere.

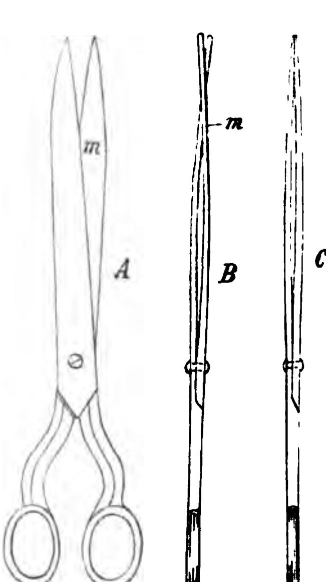


Fig. 404. Papierschere.

kreuzen; hierbei kann auch ein geschickter Gebrauch der Schere die Wirkung derselben wesentlich fördern, wenn durch Abnützung der Niete die erwähnte Spannung nachgelassen hat.

Zu den Scheren dieser letzten Gruppe gehört die Schafschere Fig. 403, und die Papierschere, Fig. 404. Unsere Figuren zeigen unter *b* und *C* diese Scheren in der Seitenansicht im geschlossenen Zustande und man sieht, dass die Scherblätter in dieser Lage nur an der Spitze aneinander liegen. Sie sind aber in einem Spannungszustande, bei der Papierschere bedingt durch die Niete und die gekrümmte (hohle) Form der Blätter, bei der Schafschere durch die entsprechend entwickelte Spannung des Federbügels. Oeffnet man diese Scheren, und betrachtet dann in der Seitenansicht die

Lage der Schneidkanten (Fig. 404 *B*), so schneiden sich ihre Projectionen und beim Schliessen der Schere berühren sich die Schneiden, sowie die Scherflächen nur in dem jeweiligen Kreuzungspunkte *m* Fig. 404 A, liegen aber dort mit entsprechendem Druck aneinander an. Wären die Zuschärfungswinkel zu spitz, so könnte es leicht eintreten, dass die Schneiden an irgend einer Stelle ineinander eindringen. Um dies zu hindern, müssen die beiden Scherblätter auch ganz gleiche Härte besitzen, eine Anforderung, welcher der Messerschmied sorgfältig nachzukommen hat.

Derlei Scheren sind bestimmt, Materialien von geringer Dicke und geringem Abscherungswiderstande zu zerschneiden, sowie aber Dicke und Widerstand wächst, so sind auch die Scherblätter völlig

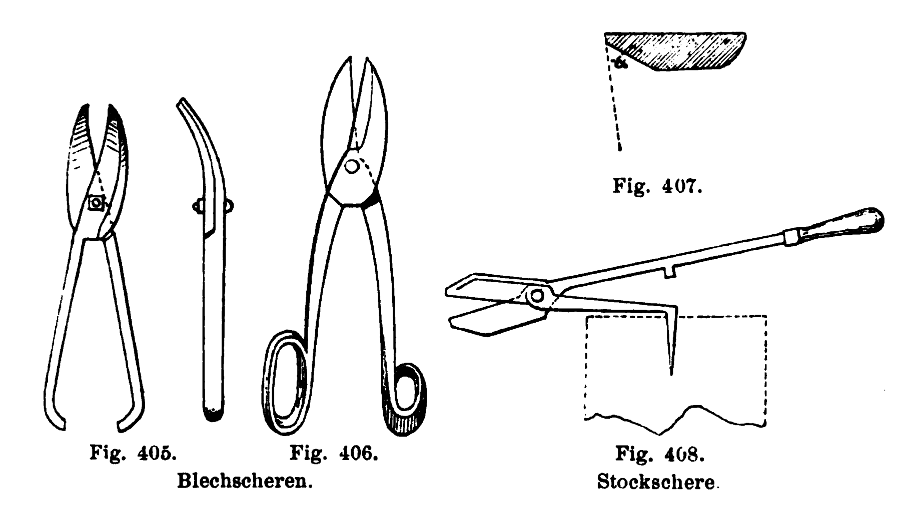


Fig. 405. Fig. 406. Blechscheren.

Fig. 407.

Fig. 408. Stockschere.

steif auszuführen und die Scherflächen zwangläufig dicht aneinander zu bewegen.

Bei den Papierquerschneidemaschinen Construction Verny muss das bewegliche, oscillierende Scherblatt nicht nur etwas gewunden sein, sondern es muss sich auch mit einer elastischen Spannung an den festen Scherbacken anlegen, ganz ähnlich, wie dies bei den Papierhandscheren geschieht, sonst findet kein richtiges Schneiden statt.

Aehnlich den Papierscheren sind auch die bei den Kupferschmieden in Gebrauch stehenden Handscheren construiert, welche zum Schneiden dünnen Kupferbleches (bis 2 *mm* Dicke) benützt werden. Die Länge der Scherblätter beträgt bis 40 *cm*, die Gesammtlänge der Schere bis 1 *m*.

Fig. 405 zeigt eine Handblechschere, Metallschere, gewöhnlicher Form, aber mit gekrümmten Scherblättern zur Ausführung krummer Schnitte, Fig. 406 eine Metallschere mit wesentlich praktischerem Griffe und sollten alle kleinen Metallhandscheren in dieser Weise ausgeführt sein. Fig. 407 gibt den Normalschnitt durch das Scherblatt der in Fig. 406 gezeichneten Schere.

Eine kleine Stockschere ist in Fig. 408, eine grössere in Fig. 409 dargestellt. Bei der ersteren muss das zu schneidende Blech an das obere feste Scherblatt angelegt werden, weil hier das untere Blatt das bewegliche ist. Ihrer Billigkeit wegen findet sich diese Schere häufig, doch ist ihr Gebrauch unbequem und kann nur

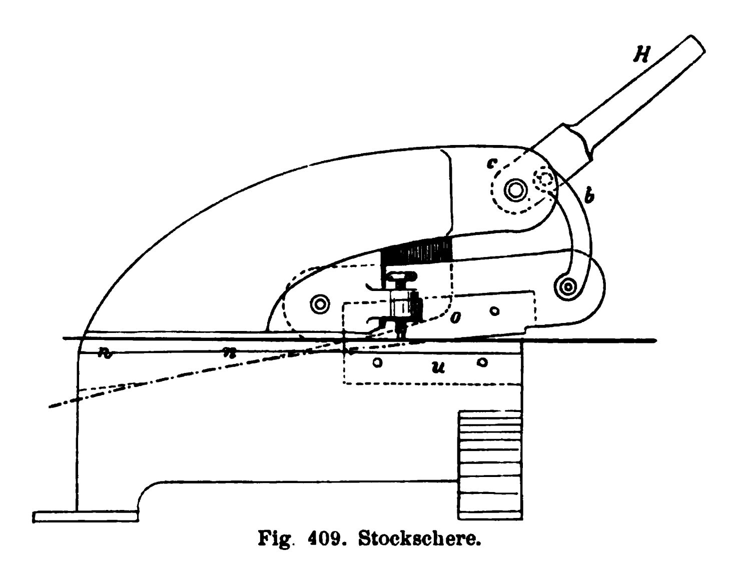


Fig. 409. Stockschere.

dünnes Blech auf ihr geschnitten werden. Die Construction, welche Fig. 409 darstellt, zeichnet sich nicht nur durch doppelte Hebelübersetzung, sondern auch durch die geradezu geniale Construction des Ständers aus, welche den beiden Schnittheilen des Werkbleches gestattet, ohne Verkrümmung der Schnittkanten dem Gestelle auszuweichen. Einerseits geschieht dies längs der Nuth *nn*, andererseits nach unten zu an der Wange vorüber, wie dies die Punktierung in Fig. 409 andeutet. Die verticale Schraube dient dazu, beim Hub des oberen Scherblattes das Blech abzustreifen oder nieder zu halten, eine zweite horizontale in unserer Figur nicht sichtbare Schraube hat den Zweck, das bewegliche Scherblatt stets gehörig zur Berührung mit dem festen Blatte zu bringen. Der grösste Kreuzungswinkel beträgt 15°. Die Hebelcombination ge-

stattet ein Umsetzungsverhältniss von 1 : 24 bis 1 : 125, ein Arbeiter mit 10 *kg* am Hebel *H* wirkend, übt daher in der Schere eine Pressung von 240 bis 1250 *kg* aus, je nach dem Orte, wo das Abscheren erfolgt. In der Mitte des Scherblattes beträgt das Umsetzungsverhältniss 1 : 47. Hebel *H* ist verkürzt gezeichnet.

Bei allen Scheren mit Scharnier und geraden Schneiden ist der Winkel, welchen beide Schneiden miteinander einschliessen, variabel und es wird Eisen nur dann sicher geschnitten und kein Hinausschieben des Werkstückes eintreten, wenn der Winkel gleich oder kleiner als 21° ist.

Betrachten wir eine Schere unter der Annahme, dass der Winkel, unter welchem sich die Schneiden kreuzen (der Kreuzungswinkel) so gross ist, dass das Werkstück nicht geschnitten, sondern aus der Schere hinausgeschoben wird, so liefern die Normaldrücke N eine den Winkel ψ Fig. 410 halbierende Resultierende R, welche durch die Gleichung $R = 2 N \sin \frac{\psi}{2}$ bestimmt ist. Dieser Kraft wirkt entgegen die Resultierende R' der Reibung ϱN an beiden Scherblättern. Nun ist $R' = 2 \varrho N \cos \frac{\psi}{2}$. Der Grenzfall, die hinausschiebende Kraft gleich der festhaltenden, ist durch die Gleichung $R = R'$ ausgedrückt und hierfür ist

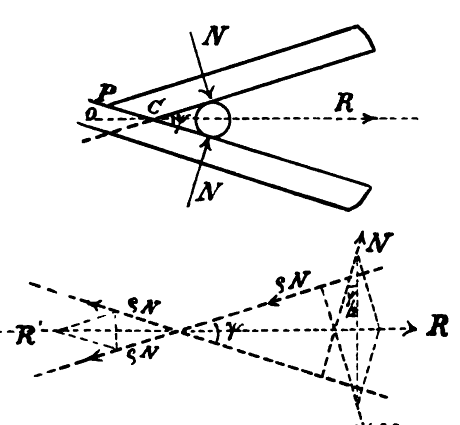


Fig. 410.

$$2 \varrho N \cos \frac{\psi}{2} = 2 N \sin \frac{\psi}{2} \text{ oder } \varrho = tg \frac{\psi}{2},$$

und da der Reibungscoëfficient gleich der Tangente des Reibungswinkels ist, also $\varrho = tg\ \varphi$, erhalten wir

$$tg\ \varphi = tg \frac{\psi}{2} \text{ oder } \varphi = \frac{\psi}{2} \text{ oder } \psi = 2\varphi$$

Die letzte Gleichung sagt, dass der Kreuzungswinkel jedenfalls kleiner als der doppelte Reibungswinkel sein muss, wenn statt eines Schneidens nicht ein Hinausschieben erfolgen soll. Um sicher zu gehen, macht man ψ sogar kleiner als den Reibungswinkel φ. Diese zuerst 1876 von Johannes Schmidt in Chemnitz durchgeführte Betrachtungsweise wird durch Versuche bestätigt.

Der Reibungswinkel φ von Stahl auf Eisen, beide blank und glatt, beträgt circa 12°, der Kreuzungswinkel muss daher jedenfalls kleiner sein als 24°.

Man sieht leicht ein, dass der Kreuzungswinkel geradliniger Schneidkanten unter sonst gleichen Umständen mit der Breite des Scherblattes wächst und mit zunehmendem Abstand des Kreuzungspunktes vom Drehpunkte abnimmt. Stellt man sich die Aufgabe, den Kreuzungswinkel constant zu machen, dann hat man beide oder auch nur die eine Schneidkante nach einer logarithmischen Spirale zu krümmen, weil diese Curve die Eigenschaft besitzt, dass ihre Tangenten mit den Radiusvectoren constante Winkel einschliessen.

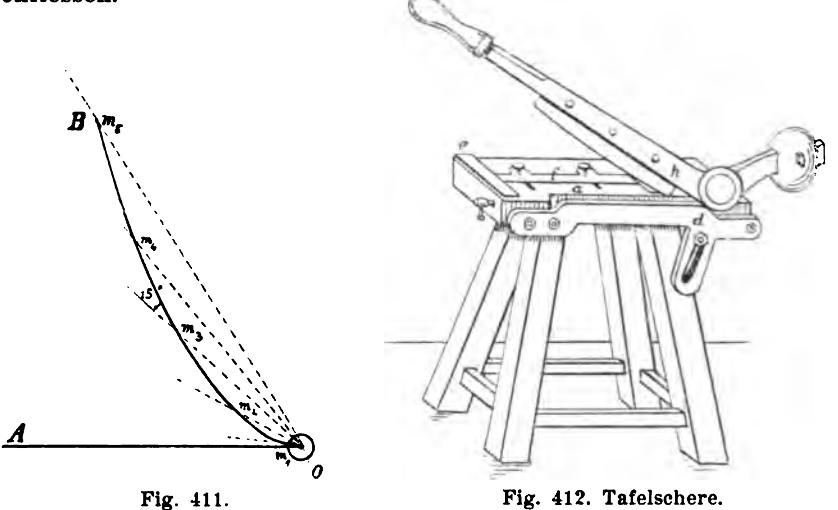


Fig. 411. Fig. 412. Tafelschere.

Für den zweiten, gebräuchlicheren Fall, in welchem nur eine der Schneidkanten als logarithmische Spirale gekrümmt wird, löst sich die Aufgabe für den Kreuzungswinkel von 15° in folgender Weise.

Die Gleichung der logarithmischen Spirale ist allgemein $u = a^{\varphi}$ und die Cotangente des Winkels, welchen der Radiusvector irgend eines Curvenpunktes mit der Tangente in diesem Punkt der Curve einschliesst, ist gleich dem natürlichen Logarithmus von a. Nun ist $cotg\ 15^0 = 3{\cdot}732051 = log.\ nat.\ a$, daher $a = 41{\cdot}8$. Mithin ist auf jenem Radiusvector, für welchen $\widehat{\varphi} = 1$ oder $\varphi^0 = 57{\cdot}3^0$ ist, vom Ursprunge 41·8mal die Länge des Radius des Grundkreises aufzutragen, dadurch erhält man den Punkt m_5 der Curve OB Fig. 411. Nach bekannten Regeln werden weitere Curvenpunkte ermittelt.

Eine Tafelschere für Spengler zeigt Fig. 412. Das obere Schermesser ist nach einer logarithmischen Spirale gekrümmt. d und f sind stellbare Anschläge.

Für das Schneiden von dickem Blech, z. B. Kesselblech und Platten bedient man sich gewöhnlich der Scheren mit Parallelbewegung und wendet diese Führungsweise überhaupt bei solchen Scheren an, welche maschinell angetrieben werden. Die Schnittgeschwindigkeit beträgt 40 bis 50 *mm*. Es liegt das untere

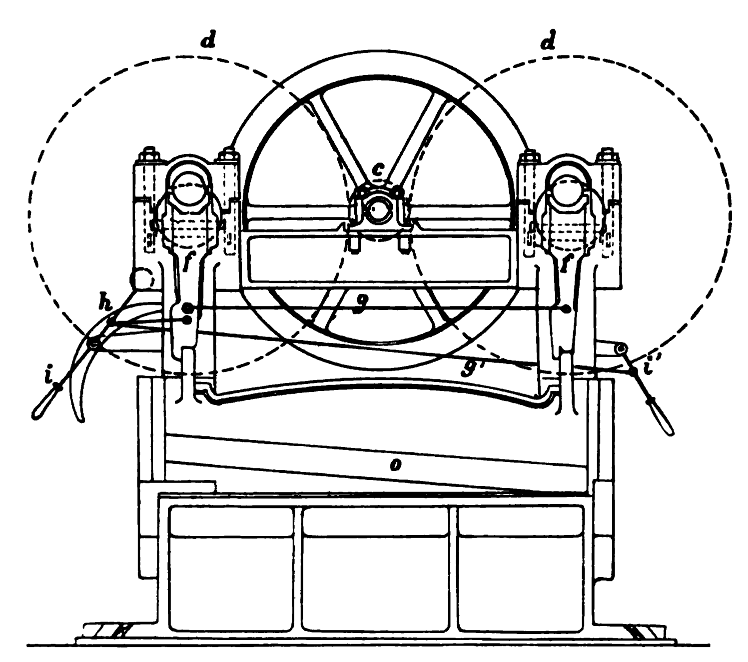


Fig. 413. Blechschere.

Scherblatt fest, die Hubhöhe des oberen betrage h *mm* und n die minutliche Hubzahl der Schere, so ist

$$\frac{2hn}{60} = 40 \text{ bis } 50 \text{ oder } n = \frac{1200}{h} \text{ bis } \frac{1500}{h}.$$

Ist ψ der constante Kreuzungswinkel, b die Blechbreite, δ die Dicke des Bleches, so muss der Hub mindestens sein $h = \delta + b \, tg \, \psi$, wenn das Blech seiner ganzen Breite nach durch einen Schnitt zerschnitten werden soll.

Die durch die Fig. 413 dargestellte Blechschere mit Parallelbewegung dient für das Schneiden von Kesselblech. Die Bewegung des oberen Scherblattes o erfolgt durch die

rückwärts liegende Dampfmaschine, deren Kurbel an der Achse des Rades *c* sitzt, mittelst der Räder *d*, der an den Achsen von *d* sitzenden Excenter und der Excenterstangen *f*. Zum Zwecke rascher Aus- und Einrückung sind die Theile *g, h, i, g', i'*, vorhanden. Ein Gegengewicht drückt das obere Scherblatt stetig an die Presstangen *f*. Der Scheren- oder Kreuzungswinkel beträgt circa 6°.

Parallelscheren für krummlinige Schnitte setzen Scherblätter voraus, deren Scherflächen Cylinderflächen sind, deren Erzeugende senkrecht auf der auszuschneidenden Curve, als Leitlinie, stehen. Sollen beide Stücke des Bleches, welches krummlinig getheilt werden soll, möglichst eben bleiben, so müssen sämmtliche Punkte der Schneiden gleichzeitig zur Wirkung kommen. Dies bedingt einen Stoss, welcher durch langsamen Niedergang des oberen Scherblattes (10 bis 20 *mm* Schnittgeschwindigkeit) gemildert werden kann. Der Hub solcher Scheren braucht nicht mehr als die doppelte Blechdicke zu betragen.

In jenen Fällen, wo das abgeschnittene Stück etwas gebogen werden darf, gibt man der Schneide des oberen Scherbackens eine geringe Neigung, wodurch ruhigerer Gang der Schere erzielt wird und die Schnittgeschwindigkeit eine grössere sein kann.

Für die Massenproduction gewisser Artikel, als Löffel, manche Waggonbestandtheile u. s. w. sind solche Scheren von ausserordentlichem Werthe.

Kraftverbrauch. Nach dem Gesetze der proportionalen Widerstände findet man, dass die für gleichen Kreuzungswinkel erforderlichen Pressungen P proportional dem Quadrate der Blechstärke (δ) wachsen. (Vgl. S. 32.)

So ist z. B. bei Eisenblech für $\psi = 5^0$ und $\delta = 1$ *mm*, P nahe gleich 100 *kg*, mithin braucht man für denselben Scherenwinkel bei 20 *mm* Blechdicke einen Druck von 20.20.100 oder 40000 *kg* für eine Plattenstärke von 100 *mm* einen Druck von 1000000 *kg*, welcher nur noch durch Anwendung hydraulisch bewegter Scheren (Blockscheren) zu erzielen ist. (S. die Zeitschrift „Stahl und Eisen".)

Da obiges P bei einem Versuche mit dünnem guten Eisenbleche ermittelt wurde, welches bekanntlich dichter und verhältnissmässig widerstandsfähiger als dickes ist, so wird man durch die Rechnung die Abscherungspressungen für dicke Platten höher finden, als sie wirklich ausfallen, man kann sich deshalb auf einen entsprechenden Zuschlag betreffs der Maschinenwiderstände beschränken.

In meiner Schrift über das Gesetz der proportionalen Widerstände, Leipzig 1885, gab ich nachstehende Versuchsergebnisse an:

Schneidwiderstand in Kilogrammen bezogen auf 1 *mm* dicke Bleche.

Material	für den Schneidwinkel φ zu				Anmerkung
	$\varphi = 5^1/_2{}^0$	$\varphi = 9^1/_2{}^0$	$\varphi = 14^1/_2{}^0$	$\varphi = 0^0$, b = 10*mm*	
Eisenblech	100	70	53	200	Die Zuschärfungswinkel der Scherbacken betrugen 86°, nur jener für $\varphi = 14^1/_2{}^0$ hatte einen Zuschärfungswinkel von 88°.
Stahlblech	165	118	100	400	
Kupferblech	(56) 90	(37) 56	(28) 41	150	
Messingblech	100	60	43	—	
Zinkblech	44	29	24	120 (106)*	
Stanniol	14	9	6	19	

* Die Zahl 106 ist bei sehr langsamem Vorgange erhalten.

Aus diesen Werthen lassen sich auch die Arbeitsgrössen rechnen, sie sind die Producte aus den Pressungen mal der Blechbreite mal der Tangente des Schneidwinkels.

Arbeitsgrössen in Meterkilogrammen für das Schneiden 1 *mm* dicker und 1 *m* langer Bleche.

Material	$\varphi = 5^1/_2{}^0$	$\varphi = 9^1/_2{}^0$	$\varphi = 14^1/_2{}^0$
Eisenblech	9·63	11·69	13·73
Stahlblech	15·89	19·71	25·90
Kupferblech	8·67	9·35	10·52
Messingblech	9·63	10·02	11·14
Zinkblech	4·24	4·84	6·22
Stanniol (Zinnblech)	1·35	1·50	1·55

Vergleicht man die Werthe der Arbeitsgrössen für dasselbe Material bei verschiedenen Winkeln φ, so sind die Differenzen wesentlich geringer als bei den Pressungen. Es liegt die Vermuthung nahe, dass die Unterschiede vielleicht verschwinden würden, wenn das Ecken (s. S. 32) nicht einen wesentlichen, nicht bestimmbaren Einfluss auf die Versuchswerthe nehmen würde.

Es entsteht schliesslich die Frage, ist eine solche Construction der Scheren möglich, bei welcher man thatsächlich exacte, ebene Schnittflächen erlangen könnte? Diese Frage kann bejaht werden. Aber um dieses Ziel zu erreichen, muss der Fluss des Materials, welcher durch die gewöhnlichen Scheren nothwendig erzwungen wird, hintangehalten werden. Statt der beiden Scherblätter müssten zwei Einspannvorrichtungen zur Anwendung kommen, welche sich aneinander in der Richtung der Scherebene

verschieben liessen. Für das Schneiden von Blech, namentlich grosser Tafeln, hat dies seine Schwierigkeiten, hingegen ist dies ganz leicht bei Draht, Stabeisen, schmalen Blechstreifen, Schienen u. dgl. Fig. 414 stellt eine Drahtzange dar, bei welcher sich zwei Scheiben mit Einschnitten aneinander verdrehen lassen, wodurch das Abscheren des Drahtes unter gleichzeitigem Fluss des Materials erfolgt, so dass die Schnittenden unrein werden. Bohrt man aber durch beide Scheiben ein cylindrisches Loch, wie bei *o* geschehen, steckt einen gut einpassenden Draht hindurch und bringt die Zange nun zur Wirkung, so erhält man eine Schnittfläche normal auf den Draht, wie man sie sonst durch Scheren so rein nie erhalten kann.

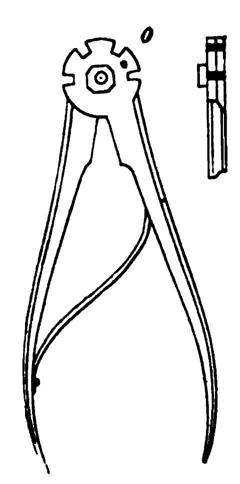


Fig. 414. Drahtzange.

Schon die Anwendung von Scherbacken mit entsprechender Kalibrierung liefert bei Rund- und Façoneisen einen viel reineren Schnitt, als dies durch gewöhnliche Scheren erzielbar ist. Unter dieser Kalibrierung ist eine solche Formgebung des unteren und oberen Scherbackens verstanden, dass das zu schneidende Stück am Beginne des Schneidens von den Backen gleichsam umklammert wird, und zwar vom unteren Scherbacken von der Unterseite, vom oberen von der Oberseite.

Die Garten- oder Baumscheren bilden die einzige Scherengattung, bei welcher eines der Scherblätter thatsächlich als ein Messer auftritt und entweder nur keilend, d. i. mit drückendem Schnitte, oder auch mit gezogenem Schnitte, je nach der Scherenconstruction, wirkt.

Eine specielle Gruppe der Scheren bilden die Kreisscheren, bei welchen zwei rotierende Stahlscheiben das zu schneidende Werkstück ergreifen und abscheren, vorausgesetzt, dass der Winkel, welchen die Kreis-Tangenten mit einander an den Stellen, wo die Berührung der Schneidscheiben mit dem Werkstück beginnt, einschliessen und welcher hier die Stelle des Kreuzungswinkels vertritt, das Einziehen gestattet.

Die Kreisscheren finden aus dem Grunde, dass kleine, das Einziehen ermöglichende Tangentenwinkel nur bei geringer Dicke des Arbeitsstückes oder bei sehr grossen Schneidscheiben erzielt werden können, in der Regel nur auf dünne Bleche, Papier oder dergleichen Anwendung. Die Achsen der Kreisscheren, welche zuweilen aus schalenförmig gepressten Stahlscheiben hergestellt

werden, sind entweder zu einander parallel ——(—— ——)—— oder sie liegen zu einander geneigt und zudem etwas windschief. Letztere Lage wird insbesondere für das Schneiden von Kreisscheiben aus dünnem Blech angewendet.

Ehemals bediente man sich hierzu des durch Fig. 415 dargestellten Schneidzirkels, eines an den Stangenzirkel erinnernden Werkzeuges. *m* ist ein Messer, *i* die Zirkelspitze, die Hülse *h* ist an der Schiene *l* verschiebbar und kann durch die Klemmschraube *s* festgestellt werden.

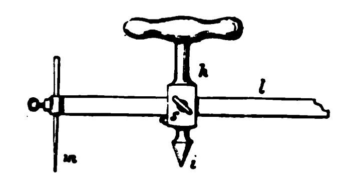


Fig. 415. Schneidzirkel.

Weit rascher und vollkommener, weil den Mittelpunkt der Blechscheibe nicht beschädigend, gestattet die nach Fig. 416 eingerichtete Kreisschere das Schneiden von Kreisscheiben. Das auf der Tafelschere vieleckig zugeschnittene Blech wird centrisch zwischen

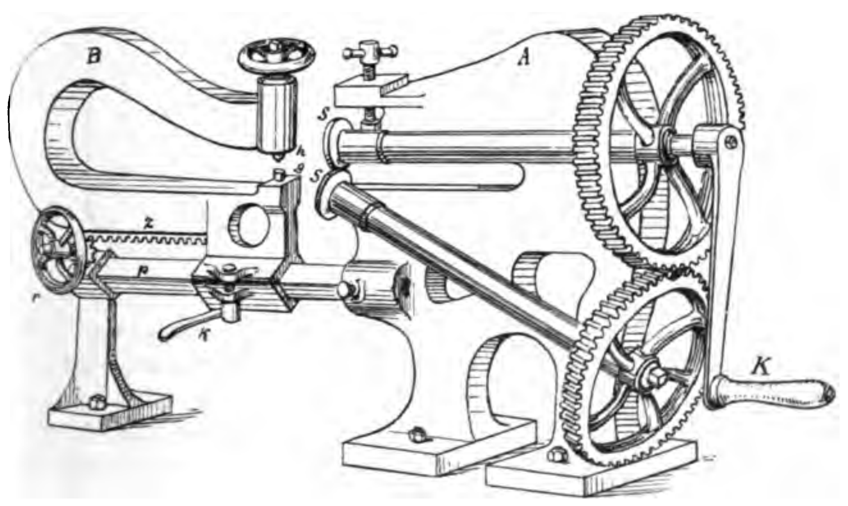


Fig. 416. Kreisschere.

gh geklemmt. Der Abstand der Klemme *gh* von der Kreisschere *ss* kann durch Verschiebung des Bügels *B* längs des Prismas *p* nach Bedarf eingestellt werden, zu welchem Zwecke das Handrad *r*, ein Getriebe und die Zahnstange *z* entsprechend einwirken. Die Klemme *K* bewirkt die Feststellung von *B*. Die Achse der oberen Schneidscheibe lässt eine geringe Bogenbewegung um das rechtsseitige Kugellager zu, wodurch die Schneidscheiben von-

einander entfernt oder einander genähert werden können. Diese Bewegung wird einerseits durch die auf das linksseitige Lager wirkende Druckschraube, andererseits durch eine in der Fig. 416 nicht sichtbare Feder erzielt. Von der Kurbel *K* erhalten beide Schneidscheiben die rotierende Bewegung.

Es ist hervorzuheben, dass die Achsen der beiden Schneidscheiben **nicht** in einer Ebene liegen; durch die geringe Abweichung resultiert eine Schränkung der Schneidscheiben, welche die Wirkung befördert, weil am Schnittpunkte die Scheiben ganz dicht aneinander liegen. Natürlich können so angeordnete Scheiben nur nach einer Drehungsrichtung schneiden.

Der Drehungsmittelpunkt *h* des Bleches verbunden mit dem Anschnittpunkte liefert eine Gerade, welche senkrecht auf der

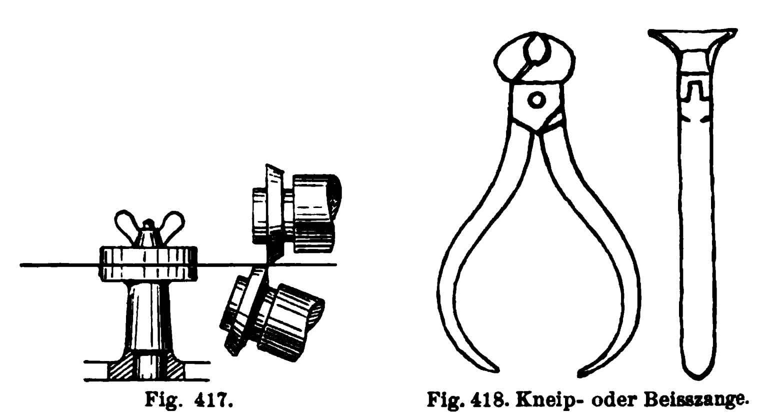


Fig. 417. Fig. 418. Kneip- oder Beisszange.

Vorderfläche der oberen Schneidscheibe stehen muss und gleich dem Radius der gebildeten Kreisscheibe ist. Würde die Senkrechte vom Mittelpunkt *h* auf die Scheibenebene einen anderen Punkt als den Schnittpunkt treffen, so würde ein Stauchen des Blechscheibenrandes eintreten. Mit anderen Worten: **Der Abstand des Mittelpunktes *h* von der durch die Achse der oberen Scheibe gelegten Verticalebene muss gleich dem Abstande des Anschnittpunktes von dieser Ebene sein.** Diesbezügliche genaue Einstellung ist durch geringes Verdrehen des Prismas *p* möglich. Eine andere Art der Scheibenklemmung und deutliche Darstellung der Schneidscheiben zeigt Fig. 417.

Derselbe **Zweck**, welchem sehr häufig die Drahtschere dient, kann durch die **Kneipzange** oder **Beisszange** erreicht werden; es ist dies eine Zange, bei welcher zwei einseitig zugeschärfte Schneiden in den Draht keilförmig eingedrückt werden bis sich

die Schneiden berühren, beziehungsweise der Draht abgekneipt ist. Es findet kein Abscheren, sondern ein Abbeissen statt, Fig. 418. Bei der gezeichneten Zange liegen die Schneiden senkrecht zur Symmetrieachse des Werkzeuges; es kann aber die Lage der Schneiden auch schief, oder auch nahezu parallel zur Achse sein. Im letzteren Falle lässt sich die Zange ähnlich der S. 170 skizzierten Flachzange gestalten; es sind die beiden Backen nahe am Scharnier ausgehöhlt, die Schneiden sind seitlich an den Backen in der Länge der Aushöhlung angebracht, und es kann diese Zange, „Kastenzange", sowohl zum Abkneipen als Festhalten verwendet werden.

Durch zwei einander entgegen wirkende Keile, ob ein- oder zweiseitig zugeschärft, ist von geringer Bedeutung, lassen sich auch spröde Materialien, Steine, Glas theilen. Eine besonders schöne Anwendung hiervon wird in neuerer Zeit beim Schneiden der Perlen gemacht. Diese Arbeit wurde früher dadurch besorgt, dass der Arbeiter den Stengel (gezogenes Glasröhrchen) so oft an einer rotierenden Schneidscheibe anritzte und abbrach, als einzelne kurze Rohrstücke (die späteren Perlen) erhalten werden sollten. Jetzt aber werden etwa 50 bis 100 Stengel in eine Kluppe nebeneinander gespannt und dem Schneidwerke zugeschoben, dessen Obermesser 500 bis 800 Schwingungen macht. Das Princip dieser Maschine kann durch nebenstehende Fig. 419 dargestellt sein, in welcher *m* das auf- und abschwingende Messer, *m'* das festgestellte Untermesser, *a* den stellbaren Anschlag bedeutet, welcher die Länge der Abschnitte bestimmt, während die Walze *w* die Stengel nahe dem Schneidwerke niederhält. Die Leistung ist eine sehr grosse, der Abfall (unregelmässige Splitter) beträgt nur circa 20%. Nochmals sei hervorgehoben, dass das Abkneipen von Draht, sowie das Schneiden der Perlen auf zweiseitiger oder doppelter Keilwirkung beruht, daher principiell vom Abscheren verschieden ist.

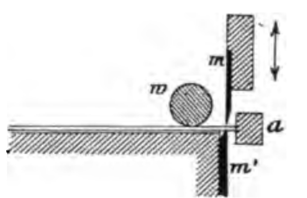


Fig. 419. Perlenschneidmaschine.

Hier sei auch des Rohrabschneiders gedacht, dessen Wirkung in dem Eindrücken eines (oder auch dreier) gehärteten, scharfrandigen Schneidröllchens *r*, Fig. 420, besteht. Das Werkzeug wird auf das abzuschneidende Metallrohr *R* aufgesetzt, das Schneidröllchen *r* durch die Schraube *s* angedrückt und unter öfterem Nachziehen um *R* in der Ebene eines Normalschnittes herumbewegt. Man ersieht aus der Figur, dass der das Röllchen tragende kleine Schieber an dem Bügel *b* geführt ist; ein eingedrehter Hals stellt die Verbindung mit der Schraube her.

Das Lochen und das Perforieren beruhen hingegen auf abscherender Wirkung; letzteres ist nichts weiter als mehr-, ja vielfaches gleichzeitiges Lochen.

Die zusammenwirkenden Werkzeuge beim Lochen sind Lochring und Stempel oder Matrize *M* und Patrize *P* (Fig. 421). Passt der Stempel genau in das Loch der Matrize, so findet bei der Einwirkung auf dünnes Blech *b* (Fig. 421) ein nahezu reines Abscheren statt; hat der Stempel hingegen in der Matrize Spiel, d. h. ist der Stempeldurchmesser kleiner als der Lochdurchmesser, so findet zunächst ein Einbiegen des dünnen Bleches statt und später erst ein Abreissen. Es wird diese Wirkung aus der Anwendung desjenigen sich erklären, was früher auf S. 407 und 408 (Fig. 396 und 400) auseinander gesetzt wurde und hier sinngemässe Anwendung findet.



Fig. 420. Rohrabschneider.

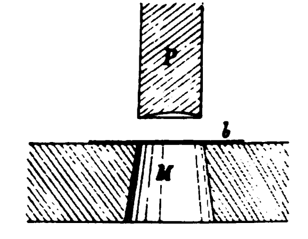


Fig. 421. Durchschnitt.

Die Erweiterung der Matrize nach unten gewährt vorzüglich den Vortheil des leichten Ausfallens der aus dem Bleche geschnittenen Scheibchen. Die festgestellte Matrize und die exact geführte Patrize (Stempel) bilden zusammen das, was die Benennung Durchschnitt führt. Mit diesem Worte bezeichnet man auch die Lochmaschine als Ganzes.

Legt man auf die Matrize ein Blech, dessen Dicke etwa gleich ist dem Durchmesser des Stempels, so findet beim Niedergange des Stempels zunächst ein Fluss des Materials statt, welcher die grösste Aehnlichkeit mit jenen Erscheinungen aufweist, welche auf S. 13 besprochen und in Fig. 9 dargestellt sind. Während jedoch dort das Material durch eine feste, geschlossene Unterlage seine Stützung fand, beim Lochen jedoch diese Stützung durch die Matrize eine unvollständige ist, so wird hier auch ein Fliessen des Materials in das Loch der Matrize erfolgen; der sich bildende Ausflusszapfen ist aber wesentlich kleiner als das vom Stempel verdrängte Material, weil dasselbe zum Theile zur Seite geschoben wird. Hat der Stempel eine gewisse Tiefe erreicht, so wird der

Widerstand gegen Abscheren endlich kleiner sein als der Widerstand gegen weiteres Eindringen unter Fluss des Materials und es erfolgt plötzlich das Abscheren. Der ausgestossene Materialbotzen ist von geringerer Höhe als die Blechdicke, weil er nur jenen Theil des vom Stempel verdrängten Materials enthalten kann, welches nicht seitlich zum Abflusse gelangte. Es mag hier der allgemein giltige Satz Raum finden, dass äussere, auf ein Massensystem wirkende Kräfte stets jene Bewegungen hervorbringen werden, bei welchen die geringste Widerstandsarbeit zu überwinden ist.*) So lange also in unserem Falle das Fliessen der Massentheilchen dem Stempel einen kleineren Widerstand entgegensetzt als die Abscherung, so lange wird der Stempel eindringen unter Fluss des Materials, endlich aber wird jener Punkt erreicht sein, von welchem ab der Abscherungswiderstand kleiner als der Widerstand gegen weiteres Fliessen ist, und es erfolgt die Abscherung.

Es ist daher leicht einzusehen, dass durch Berechnung des Abscherungswiderstandes der ganzen Lochfläche jedenfalls eine Kraft gefunden wird, welche gleich oder grösser als die wirklich aufzuwendende Druckkraft des Stempels sein muss. Man geht daher jedenfalls sicher, wenn man auf Grundlage dieser Rechnung die Lochmaschine dimensioniert.

Dividiert man die Zahlen der letzten Columne der 1. Tabelle S. 417 durch 10, so ist der Scherwiderstand für 1 mm^2 gegeben und diese Zahl mit der in Quadratmillimetern ausgedrückten Umfläche des Loches multipliciert, gibt die Maximalkraft. Näheres hierüber findet sich in meiner Schrift „Das Gesetz der proportionalen Widerstände", S. 63 bis 65.

Dass bei dem Lochen dickerer Platten (z. B. Kesselblechen) der Stempel gewöhnlich kleiner gewählt wird als der Durchmesser der Matrize, hat eine sehr einfache praktische Ursache. Derlei Lochmaschinen führen den Stempel nie so genau, dass bei den bedeutenden Pressungen von 10000 bis 30000 *kg* nicht eine geringe Ablenkung möglich wäre, welche bei scharf passendem Stempel ein Auftreffen desselben auf den Lochrand der Matrize und dadurch ein Aussprengen des Randes zur Folge hätte. Die Versuche, die Nothwendigkeit des kleineren Stempels theoretisch zu erklären, sind durchwegs verfehlt, nur obiger praktische Grund rechtfertigt die

---

*) So werden z. B. die Triebräder einer Locomotive gleiten, wenn der Reibungswiderstand gegen gleitende Reibung kleiner als der Zugwiderstand ist. Irgend ein Werkzeug gelangt zum Bruche, wenn der Widerstand, welchen dasselbe dem Bruche entgegensetzen kann, kleiner ist als der Widerstand der Arbeit, welche das Werkzeug verrichten soll u. s. w.

gebräuchliche Dimensionierung. Aus einem anderen praktischen Grunde gibt man dem Stempel gewöhnlich eine centrische konische Spitze. Man körnt nämlich die Kesselbleche an jenen Stellen an, d. h. man schlägt mit dem Körner dort konische Grübchen ein, wohin die Mittelpunkte der zu stossenden Löcher kommen sollen. Der vor der Lochmaschine sitzende Arbeiter verschiebt die vortheilhaft auf Kugeln ruhende Platte, und wenn der Stempel langsam niedergeht, so trachtet er die Stempelspitze in das Körnergrübchen zu bringen. Es kann dies nur bei sehr langsam bewegtem Stempel geschehen, aus diesem Grunde wird die Geschwindigkeit von 10 bis 30 *mm* gewählt.

Die untere Stempelfläche schraubenförmig oder bogenförmig zu gestalten, empfiehlt sich nicht, weil der Gewinn der Verminderung der Stösse durch kürzere Gebrauchsfähigkeit der Stempel aufgewogen wird.

Durch den beim gewöhnlichen Lochen entstehenden Fluss des Materials kommen in dasselbe Spannungen, welche die Festigkeit beeinträchtigen. Aus diesem Grunde sind bei den Constructionstheilen für eiserne Brücken oftmals gebohrte Löcher vorgeschrieben. Die Spannungen treten aber nicht ein, wenn so gelocht wird, dass sich das Blech rings um den Lochstempel in gepresstem Zustande befindet und wirklich ein ganz reines Abscheren erfolgen muss. Auch ist es nach den Versuchen von Fremont*) wahrscheinlich, dass sich die Spannungen durch genügendes Ausreiben (Erweitern des Loches unter Abtrennung von Spänen) beseitigen lassen.

Die Herstellung zahlreicher kleiner Löcher in Papier, Cartons oder dünnes Blech, sei es zum Zwecke der leichteren Theilung nach bestimmten Linien und zur Herstellung eines gezackten oder welligen Randes, wie dies bei Briefmarken gebräuchlich ist; oder die Herstellung gelochten Bleches, wie solches zu den verschiedensten Zwecken, als Stellvertreter für Drahtsiebe, als Malzdarrplatten, als Reibbleche etc. etc. in Verwendung steht, erfolgt durch das Perforieren unter gleichzeitiger Benützung mehrerer, oft vieler Stempel. Die nebenstehenden Fig. 422 bis 425 geben Beispiele perforierten Bleches.

---

*) Siehe Génie Civil, Bd. 28, S. 79 und 313. Die von Fremont angewendeten Werkzeuge werden durch das Loch gepresst; sie haben ringförmige oder schraubenförmige schneidende Kanten an der Umfläche. Der Werkzeugdurchmesser nimmt stufenweise oder bei schraubenförmigen Schneiden continuierlich nach oben zu, bis zu jenem Durchmesser, auf welchen das Loch erweitert werden soll.

Wo es sich um die Hervorbringung vieler und wie dies sehr häufig verlangt ist, mannigfach geformter Durchbrechungen handelt, werden nicht nur mehrere Stempel gleichzeitig zur Anwendung gebracht, sondern es müssen diese Stempel auch unmittelbar über dem zu perforierenden Bleche entsprechend geführt sein. Dringen mehrere Durchschnitte gleichzeitig ein, so wird das zwischen denselben befindliche Blech stark beansprucht, indem durch die von den Stempeln ausgehende Pressung ein theilweises Fliessen von Theilchen stattfindet, wodurch die Zwischenpartien eine Zerrung erleiden, welche selbst zu einem Abreissen derselben

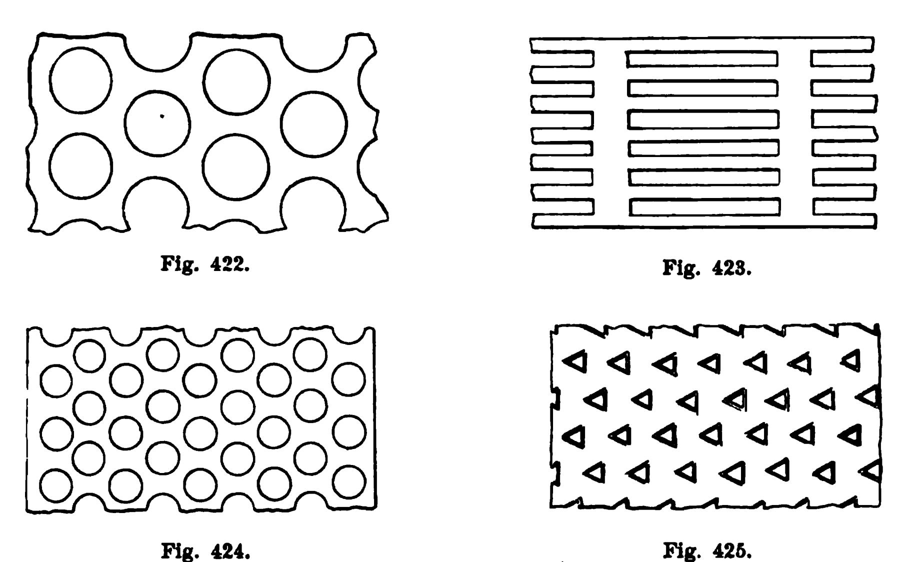


Fig. 422. Fig. 423.

Fig. 424. Fig. 425.

Perforierte Bleche.

führen kann. Daher werden nicht sämmtliche Löcher jeder Reihe gleichzeitig hergestellt.

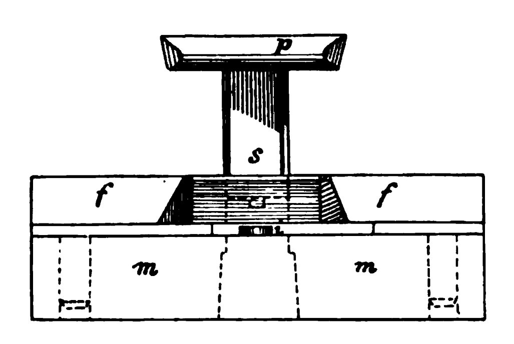
Die durch das Blech tretenden Stempel werden sehr stramm in den durch sie gebildeten Löchern stecken, daher bei ihrem Aufwärtsgange das gelochte Blech mit aufwärts ziehen. Dasselbe muss daher von den Stempeln durch eine Platte abgestreift werden und diese Platte muss zugleich die Führung der Stempel besorgen.

Es führt dies zu einer Anordnung, wie sie durch den in Fig. 426 dargestellten Durchschnitt gekennzeichnet ist.*) Mit der Matrize *m* ist durch Zapfen die Führungsplatte *f* verbunden, deren

---

*) Zuerst im IV. Heft der Techn. Blätter 1878 veröffentlicht.

Durchbrechungen ganz genau zu den Stempeln einerseits, zur Matrize andererseits passen. Die Stempel *s* sind mit der Platte *p*, welche in das untere Ende eines vertical bewegten Gleitstückes eingeschoben wird, durch Vernietung verbunden. Geht das Gleitstück der Lochpresse nieder, so gehen auch die Stempel *s* nieder und treten durch die Führungsplatte *f* gegen jenen zu lochenden Blechstreifen, welcher zwischen *f* und *m* eingeschoben wird.



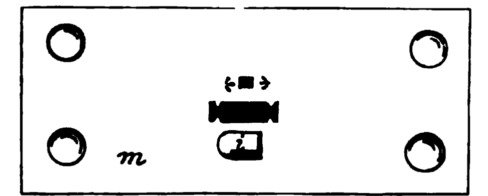
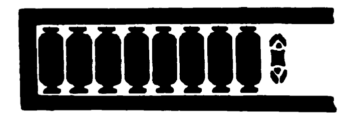


Fig. 426. Durchschnitt für Kettencylinder.

Durch die Anwendung der Führungsplatte *f* ist also die Anwendung der feinsten Stempel, bis herab zur Dicke einer feinen Nähnadel, aber von beliebigem Querschnitte ermöglicht. Dadurch, dass man die Durchschnitte hintereinander zur Wirkung bringt, schont man das Blech und verhindert ein Ausreissen.

Durch die Vereinigung sämmtlicher Stempel mit der Platte *p* kann man das Fabrikat in derselben Zeit herstellen, wie bei Anwendung nur eines Stempels, es setzt dies nur voraus, dass man dem zu lochenden Bleche, in unserem Falle dem Blechstreifen, eine entsprechende ruckweise Bewegung ertheilt.



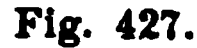


Fig. 427.



Fig. 428.

So zeigt uns Fig. 427 einen Streifen dünnen Messingbleches, aus welchem die in Fig. 428 dargestellten kleinen Plättchen geschnitten wurden. Die genaue Betrachtung von Fig. 427 zeigt, dass zuerst ein viereckiges Loch sammt sechs kleinen Löchern, je drei oben und unten, ausgedrückt wurde. Beim nächsten Vorschub und neuerlichen Niedergang werden nicht nur abermals jene kleinen Durchbrechungen erzielt, sondern es wird das in Fig. 428 gezeichnete Plättchen ausgeschnitten und jeder weitere Hub der Presse erzeugt ein solches.

Den hierzu verwendeten Stempel haben wir oben beschrieben und sei nur noch beigefügt, dass das mit der Matrize *m* verbundene

Zäpfchen *i* Fig. 426 zur Begrenzung des richtigen Vorschubes, welcher bei diesem einfachen Durchschnitte von der Hand des Arbeiters besorgt wird, dient. Dass die Platte *f* in geeigneter Weise, ebenso wie die Matrize, festgestellt sein muss, braucht wohl kaum erwähnt zu werden.

Die Plättchen Fig. 428 dienen zur Herstellung von Kettchen, zu welchem Zwecke sie U-förmig zusammengebogen werden. Die T-förmigen Enden werden durch das centrische Loch eines zweiten Plättchens gesteckt, zu welchem Ende eine Drehung in die Lochdiagonale erforderlich ist, und dann niedergedrückt.

Andere noch compliciertere Anwendungen des Perforierens sind in Karmarsch-Heeren's Techn. Wörterbuch Bd. 6, S. 603, von mir beschrieben.

Für einfache und oft sich wiederholende Stempel wendet man gezogenen Stahldraht an. Das Ziehloch des Zieheisens ist natürlich genau nach der verlangten Querschnittsform des Stempels herzustellen.

Für das Bohren der feinen Löcher in die Führungsplatte und in die Matrize wendet man ein sehr einfaches Bohrmaschinchen an, dessen Bohrspindel in verticaler Richtung unverschiebbar ist und die Rotation durch Schnurgetriebe erhält. Das zu bohrende Stück wird auf einen mittelst eines Hebels von Hand aus zu bewegenden Bohrtisch gelegt, und es fühlt der geübte Arbeiter die Kraft des Andruckes, so dass die überaus feinen Bohrer genügend geschont werden.

Die einzelnen Stempel werden in eine Platte (vgl. Fig. 426 *p*) eingenietet, welche denselben entsprechende, genau passende Löcher besitzt und welche, mit gutem Anschlusse, in den vertical bewegten Theil der Presse eingeschoben wird. Der erwähnte Anschluss nach oben verhindert das Ausschieben der kleinen Stempel beim Niedergange des Durchschnittes. Für den Aufgang werden die Stempel durch die Vernietung hinreichend festgehalten. Zieht man aber die Platte (*p*) aus, so ist sowohl das Auswechseln, als das Einsetzen der Stempel leicht durchführbar.

Die hier erläuterten Principien sind bei dem Perforieren von Blechen ebenso massgebend. Man hat Zeit zu sparen und daher pro Niedergang der Stempel mindestens eine Lochreihe fertig zu stellen. Der Verschub des Bleches entspricht dann dem Abstande einer Lochreihe von der nächsten oder auch einem zwei-, dreifachen davon, wenn durch entsprechende Vertheilung der Stempel pro Hub zwei oder drei Reihen ihre Vollendung finden.

Für das Lochen (Perforieren) grosser Blechtafeln hat die Maschine entsprechende Dimensionen zu erhalten. Die Blechtafeln

sind hierbei entweder in einen beweglichen Rahmen, Schlitten, eingespannt, welcher die Schaltbewegung empfängt, oder eine Schiebklaue wirkt auf das Blech an den bereits hergestellten Löchern unmittelbar ein. Der Träger der Stempel wird meist durch zwei Excenter zur Verticalbewegung gezwungen.

Betreffs der Reibbleche ist zu bemerken, dass zum Zwecke der Erlangung der aufgeworfenen scharfen Ränder des Loches der Stempel in eine Spitze ausläuft und das Loch der Matrize etwas grösser als der Stempel gehalten ist. Der Stempel tritt nur mit seiner kegelförmigen oder pyramidalen Spitze in das Blech ein und ist nach der beabsichtigten Lochform gebildet; für das in Fig. 425 dargestellte Reibblech ist die Spitze des Stempels eine dreiseitige Pyramide.

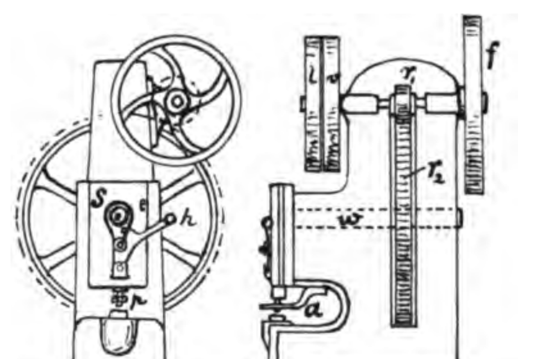


Fig. 429. Lochmaschine.

Die Durchschnitte, Lochmaschinen und Perforiermaschinen sind von ausserordentlich mannigfacher Anordnung. Alle jene Maschinen, welche wir als Stanzmaschinen kennen gelernt haben (S. 394 bis 398), können auch zum Lochen Anwendung finden, denn es handelt sich hier wie dort um die exacte Verticalbewegung eines den Stempel tragenden Schlittens (Schubers). Mit Rücksicht auf den von Blechdicke, Lochdurchmesser und Material abhängigen, so ausserordentlich verschiedenen Kraftbedarf, ist natürlich die Anordnung und Dimensionierung ebenfalls ausserordentlich verschieden.

Als Type einer Lochmaschine für Kesselblech kann Fig. 429 dienen. Sehr häufig ist die Anordung hierbei so durchführt, dass die eine Seite Lochmaschine, die zweite Schere ist.

Der Antrieb erfolgt von der Transmission auf die Riemenscheibe oder Vollscheibe *v* (*l* ist die Leerscheibe und *f* das Schwungrad) und durch die Räder r_1 r_2 auf die Welle *w*, an dieser sitzt ein Excenter *e*, welches durch die Zugstange *z* den Schlitten *s* und den damit verbundenen Stempel *p* bewegt. Hierdurch erhält der Stempel eine langsame Bewegung vertical ab- und aufwärts. Die zu lochende Platte wird auf den Lochring *o* so gelegt, dass die auf der Platte angekörnte, der Achse des zu bildenden Loches

entsprechende Stelle genau über die Mitte des Lochringes zu liegen kommt. Da die Platte nach erfolgter Lochung am Stempel hängen bleibt, so ist der Abstreicher *a* angebracht.

Das richtige Einstellen der zu lochenden Platte verlangt manchmal mehr Zeit als zwischen den einzelnen Spielen des Stempels vorhanden ist, und zu diesem Zwecke ist eine Ausrückvorrichtung angebracht, welche dem Arbeiter bequem zur Hand ist. Bringt er nämlich den Hebel *h* in die in Fig. 430 gezeichnete Position, so wirkt die Excenterstange *z* nicht mehr auf den Schieber bewegend ein, sondern es oscilliert nur der Hebel *h* um seinen Drehpunkt *i*, der Stempel bleibt unbewegt.

Um Platten und namentlich Brückenconstructionstheile am Orte ihrer Zusammenstellung lochen zu können, bedient man sich transportabler Lochmaschinen, als deren vorzüglichster Repräsentant Tangye's hydraulische Lochmaschine zu bezeichnen ist. Durch den Hebel h_1 und Arm *a*, Fig. 431, erhält der Pumpenkolben *k* die Bewegung nach auf- und abwärts. Wie aus der Figur zu entnehmen ist, besitzt dieser Kolben eine Bohrung, welche die Verbindung des Raumes *A* mit *B* herstellt, wenn das Ventil v_1 geöffnet ist, was bei der Aufwärtsbewegung des Hebels h_1 stattfindet. Die Druckflüssigkeit (Oel) tritt hierbei aus *A* nach *B*. Wird h_1 niedergedrückt, so schliesst sich v_1, während v_2 sich öffnet und die Flüssigkeit aus *B* nach *C* gelangen lässt. *C* ist der Brahmacylinder, *K* der Brahmakolben; dieser wird niedergedrückt und dadurch der Stempel *s* gegen den Lochring, respective durch die zu lochende Platte *p* gedrückt. Um *K* zu heben, dient der Hebel h_2 und das Excenter *e*, welches unter dem Kolben angreift und ihn hebt; hierbei muss *C* mit *A* communicieren, was durch einen Canal *i* ermöglicht ist, wenn die Schraube *S* (deren konisches Ende den Abschluss bildet) zurückgedreht wird. Diese Schraube, wie der Canal liegen nicht in der Schnittebene, daher sie punktiert angedeutet sind.

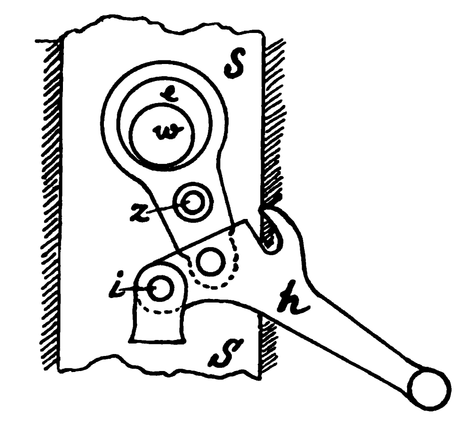


Fig. 430. Ausrückvorrichtung.

Dass grosse Schmiedestücke glühend durch hydraulische Pressen gelocht werden, wurde bereits bei dem Presschmieden S. 337 hervorgehoben.

Von dem in unmittelbarer Aufeinanderfolge angewendeten Lochen und Stanzen sprachen wir auf S. 389 unter Angabe der diesbezüglichen Werkzeuge. Sind die beiden Stempel von oben bewegt (Fig. 373, S. 389), so ist der äussere von einem vertical geführten Schlitten getragen, der innere an einer Stange befestigt, welche im Schlitten Führung erhält. Schlitten und Stange erhalten ihre Bewegung von zwei Excentern, welche dicht nebeneinander an der horizontalen Hauptwelle der Maschine sitzen.

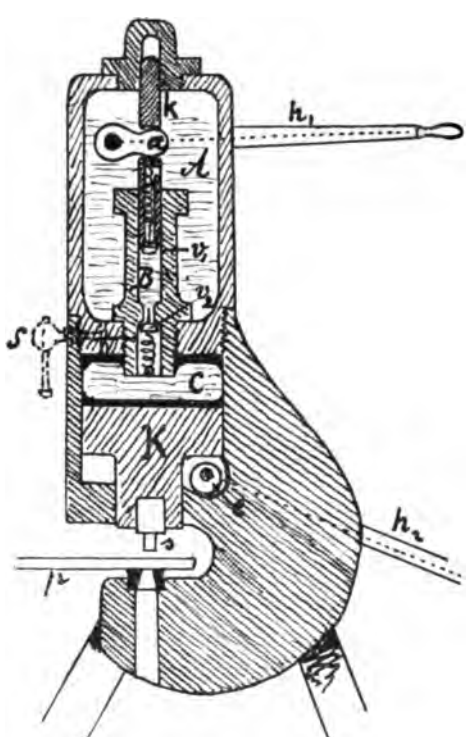


Fig. 431. Hydraulische Lochmaschine.

Das Ausschneiden der Zahnlücken erfolgt bei Herstellung der Holzsägeblätter gleichfalls mit Durchschnitten; meist von gewöhnlicher Anordnung. Eine interessante Ausnahme bildet der rotierende Sägedurchstoss von J. M. März in Berlin. Das Werkzeug, welches dem Stempel entspricht, ist in einer rotierenden Scheibe gehalten, die Matrize ist eine Stahlplatte mit seitlichem dreieckigen Ausschnitte; hierbei ist die Achse der Scheibe etwas schief zur Vorderkante der Matrize gestellt.*)

Wie die Kneipzange statt der Drahtschere Anwendung findet, so werden auch bei dem Lochen nicht selten einfachere Werkzeuge benützt, welche zwar eine minder reine, aber für viele Fälle genügende Arbeit liefern. Um in Blech von 1 bis 3 *mm* Dicke Löcher von kreisförmiger, quadratischer oder anderer Form rasch herzustellen, benützt der Schlosser den Bankdurchschlag, ein Stahlstäbchen mit kreisförmiger, quadratischer oder anders gestalteter ebener Endfläche. Bei seiner Benützung wird das zu lochende Blech auf den wenig geöffneten Schraubstock u. dgl. gelegt, der Durchschlag aufgesetzt und mit dem Hammer durchgetrieben. Die

*) S. Karmarsch-Heeren, Techn. Wörterbuch, Bd. 7, S. 498.

unreinen Lochränder werden durch die später zu besprechenden Werkzeuge — Reibahle, Feile — abgeglichen.

Aus dünnem Bleche schlägt man Scheibchen mittelst des Aushauers, Fig. 432, aus, hierbei legt man das Blech auf eine dicke Bleiplatte auf. Aushauer der verschiedensten Gestalt werden auch in der Blumenfabrication, bei der Erzeugung von Weisswäsche u. dgl. benützt.

Lässt man ein dem Aushauer ähnliches Werkzeug auf viele Lagen von Papier oder Stoff einwirken, so werden die Ausschnitte wegen der auftretenden Durchbiegungen nicht genau gleich gross. Dieselbe Ursache bedingt eine eigenartige Construction jener Maschinen, mit welchen man Stösse von Papier, Bücher u. dgl. beschneidet. Dicht neben dem einseitig zugeschliffenen, meist in etwas schräger Richtung niederbewegtem Messer, wird das Papier durch einen Pressbacken zusammengedrückt. Nur mit Hilfe dieser Pressung erlangt man einen reinen, ebenen Schnitt.

Fig. 432. Aushauer.

8. Abschnitt.

Formgebung durch Abtrennung von Spänen.

Die ausserordentliche Mannigfaltigkeit der Werkzeuge, Werkzeugmaschinen und Arbeitsmethoden, welche zum Zwecke der Formgebung durch Abtrennen von Theilchen — Spänen — zur Anwendung kommen, lässt sich nur durch die Zurückführung auf die verschiedenartige Wirkung der einfachsten Werkzeugformen auf die wesentlichsten Materialgruppen übersichtlich behandeln.

Es erscheint daher nothwendig, allgemeine Bemerkungen der Einzelbetrachtung vorauszuschicken. Die vielen Einzelheiten werden dadurch besseren Zusammenhang gewinnen.

Wirkungsweise der Hauptformen der Werkzeugschneiden.

Eine der einfachsten, Späne abtrennenden Werkzeugformen ist die Keilform. Es braucht hierbei das Werkzeug nur an dem eigentlich wirkenden Theile diese Gestalt zu besitzen; im übrigen kann es zum Zwecke bequemerer Handhabung oder zum Zwecke der Anbringung in einer Maschine beliebig mannigfach ausgestaltet sein.

Die keilförmige Form kann verschieden sein in der Grösse des Keilwinkels, es können aber auch die Keilflächen symmetrisch oder unsymmetrisch zur Bewegungsrichtung liegen.

Betrachten wir die Hauptfälle.

Die Keilflächen liegen symmetrisch zur Bewegungsrichtung, die Keilwinkel seien verschieden.

Wenden wir die durch Fig. 433 gekennzeichneten Werkzeugschneiden zunächst so an, dass ihre Bewegungsrichtung senkrecht gegen die Oberfläche des Werkstückes gerichtet ist; es wird ihre Wirkung auf bildsame, spröde, spaltbare und schneidbare Materialien wesentlich verschieden sein und jede dieser Wirkungen muss besonders betrachtet werden.

In bildsame Materialien werden die keilförmigen Werkzeuge, normal gegen die Oberfläche zur Wirkung gebracht, eindringen, ohne Späne abzutrennen. Es findet hier ein Fluss der Massentheilchen statt, wie dies bereits auf S. 13 und 14 besprochen wurde.

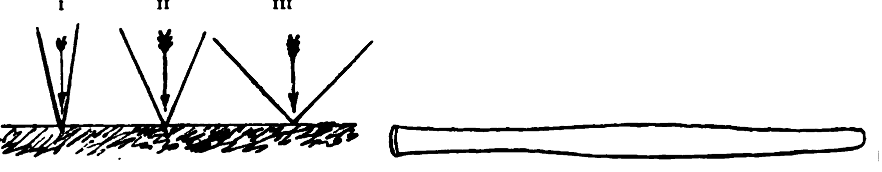


Fig. 433. Fig. 434. Stossbohrer.

Wendet man diese Werkzeuge auf spröde Materialien in gleicher Weise an, so wird das Material unter der Werkzeugschneide ausbrechen, in kleinen Splittern oder Bruchstücken abspringen. Um in einfachster Weise einen Erfolg zu erzielen, wird man das Werkzeug stossend zur Anwendung bringen, denn bei Anwendung ruhigen Druckes bedürfte man so bedeutender Pressungen, dass dieselben sich nur mittelst complicierter maschineller Mittel erreichen liessen. Ist die keilförmige Schneide wie beim Stossbohrer, Fig. 434, an dem Ende einer Stange angebracht, und stösst man mit derselben gegen einen spröden Körper, z. B. eine Felswand, wiederholt man diese Stösse gegen denselben Punkt bei jedesmaliger Versetzung um einen kleinen Winkel, so sprengt man bei jedem Stosse etwas Material aus und wegen des „Setzens" des Bohrers werden sich die Linien, in welchen die Schneide des Werkzeuges auftrifft, als Durchmesser eines Kreises in einem Punkte schneiden. Das Material wird nach einer Kreisfläche ausgesprengt und bei fortgesetzter Arbeit ein Loch erbohrt.

Zu dem gleichen Zwecke kann man sich nach Fig. 435 eines Meisselbohrers und des Fäustels oder der Schlage bedienen.

Auch hierbei muss nach jedem Schlage der Bohrer versetzt werden. (Vgl. auch S. 202.)

Will man in die Oberfläche eines Steines Furchen einarbeiten, wie es die Hauschläge und Sprengschläge der Mühlsteine (s. S. 213) sind, so bedient man sich der *Picke*, Fig. 436; es ist dies ein Meissel mit gerader Schneide, eingesetzt in einen Stiel.

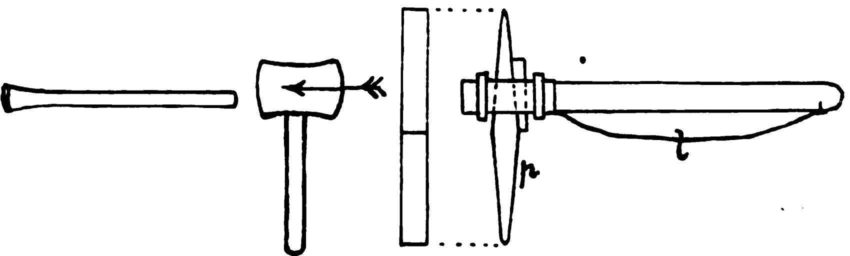


Fig. 435. Meisselbohrer. Fig. 436. Picke (p Meissel, l Schutzleder).

Zur Herstellung einer feinen Furche, wie es die Sprengschläge sind, muss die Schneide des Werkzeuges unter verhältnissmässig spitzem Winkel, etwa 50°, zugeschliffen sein, will man jedoch ein Loch ausmeisseln, dann kann der Zuschärfungswinkel weit grösser, selbst 90°, ja 120° sein. Die Wahl des grösseren Zuschärfungswinkels wird eine bessere Stützung der Theilchen des Werkzeuges an der Schneide bewirken, dieselben werden weder so leicht ausspringen, wie dies z. B. bei sehr hartem Stahle und kleinem

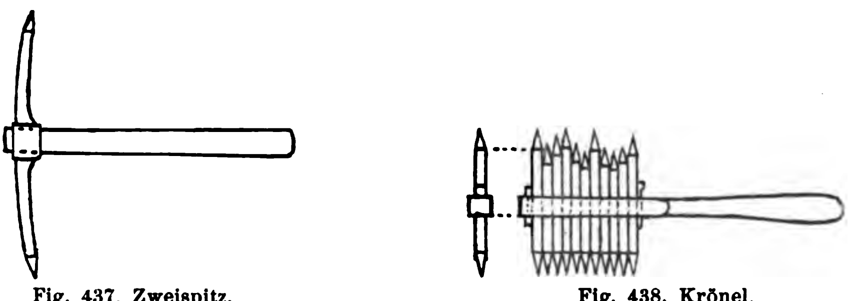


Fig. 437. Zweispitz. Fig. 438. Krönel.

Zuschärfungswinkel eintritt, noch wird die Schneide so bald stumpf. Es sind dies Vortheile, welche so wesentlich in Betracht kommen, dass an manchen Orten Meisselbohrer mit sehr grossen Zuschärfungswinkeln in Gebrauch kommen.

Mit den keilförmigen Werkzeugen sind in der Wirkung auf spröde Materialien jene verwandt, welche *pyramidale* Spitzen benützen. Hierher gehören der *Zweispitz*, Fig. 437, der *Krönel*, Fig. 438, der *Stock-* oder *Kraushammer*, Fig. 439, mit vielen kleinen

pyramidalen Spitzen u. a. m. Beim Gebrauche dieser Werkzeuge springen die von der Spitze oder den Spitzen unmittelbar getroffenen Steintheilchen aus und die bearbeiteten Flächen erhalten ein fein gekörntes Aussehen. Mit dem Zweispitz kann man auch Furchen oder Vertiefungen ausarbeiten.

Wendet man keilförmige Werkzeuge auf spaltbare Materialien in der Richtung jener Flächen an, welche Spaltflächen werden können, so erzielt man Spaltwirkung. Hierher gehörige Werkzeuge sind die Axt (S. 21) und der Keil (S. 202).

Auf die mit der Bezeichnung „schneidbare Materialien" zusammengefassten, ihrer Natur nach sehr verschiedenen Stoffe, wie Kork, Pflanzenmark, Fleisch, Leder u. dgl., lassen sich die keilförmigen Werkzeuge, normal zur Oberfläche aufgesetzt und bewegt, nicht wohl gebrauchen, weil das aus zum Theile sehr feinen, polyedrischen Zellen gebildete zähe Gewebe nur bei sehr kleinem Keilwinkel durchschnitten werden kann. So kleine Zu-

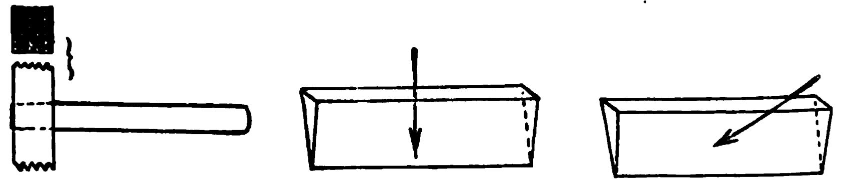


Fig. 439. Kraushammer. Fig. 440. Gedrückter Schnitt. Fig. 441. Gezogener Schnitt.

schärfungswinkel, wie sie nöthig wären, kann man an den Werkzeugen deshalb nicht anbringen, weil die Schneide keine Dauerhaftigkeit hätte, sie würde den Seitenkräften nicht Stand halten. Man muss bei diesen Materialien in vielen Fällen den gezogenen Schnitt, Fig. 441, anwenden, welchen wir bereits früher kennen gelernt haben (S. 20).

Der gezogene Schnitt ist im wesentlichen übereinstimmend mit jenem Schnitte, bei welchem die Schneide des Werkzeuges nicht normal zur Bewegungsrichtung steht.

In Fig. 442 *a* steht die Schneide des Werkzeuges, des gewöhnlichen Stemmeisens, senkrecht, hingegen bei dem Balleisen, Fig. 442 *b*, steht sie schräg zur Richtung der Bewegung. Denken wir uns einen Keil *k* nach Fig. 443 auf ein cylindrisches Werkstück aufgesetzt und vertical niedergedrückt, so ist, relativ betrachtet, die Einwirkung auf das Arbeitsstück genau dieselbe, als wenn wir einen Keil nach Fig. 444 zur Wirkung brächten. In diesem zweiten Falle, welcher in den ersten sofort übergeht, wenn man das ganze Massensystem entgegen der Uhrzeigerrichtung um

den Winkel β verdreht, haben wir ein Beispiel gezogenen Schnittes. In beiden Fällen ist das Arbeitsstück A senkrecht zur Bildebene fortgesetzt und an seiner Verlängerung festgehalten gedacht.

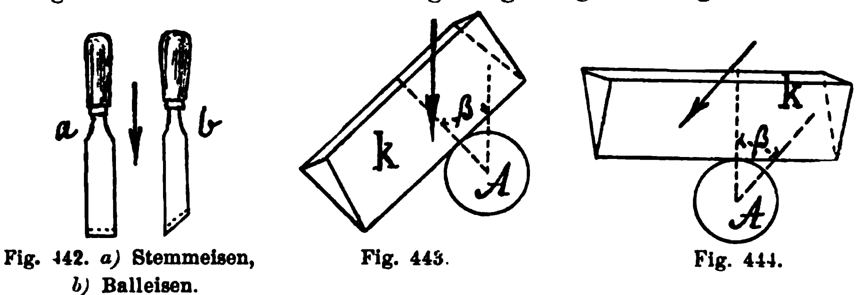


Fig. 442. *a)* Stemmeisen, *b)* Balleisen. Fig. 443. Fig. 444.

Bei anderer Werkstückform und Stützung könnte es leicht scheinen, als wäre zwischen gezogenem Schnitte und gedrücktem Schnitte mit schiefer Schneide ein wesentlicher Unterschied. Es ist dies jedoch nicht der Fall; es muss nur die relative Lage von

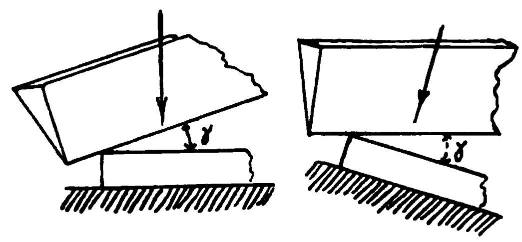


Fig. 445.

Werkzeug und Werkstück dieselbe sein (Fig. 445). Der gezogene Schnitt ist gekennzeichnet durch die Lage der Werkzeugschneide zur Bewegungsrichtung.

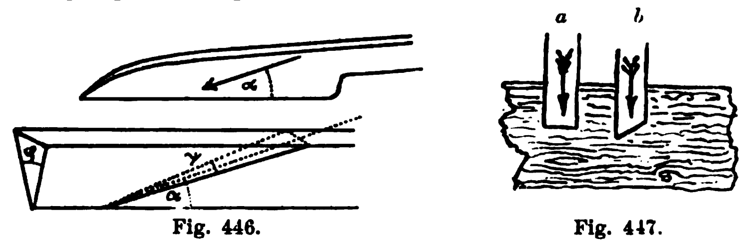


Fig. 446. Fig. 447.

Beim gezogenen Schnitte kann der Winkel α, Fig. 446, beliebig klein werden, wodurch auch der Winkel ψ, mit welchem das Eindringen des Keiles erfolgt, entsprechend klein wird. Hingegen ist die Schräglage der Schneide an praktische Grenzen gebunden, welche mit der Formgebung zusammenhängen. Ob man

gezogenen Schnitt oder schräggestellte Schneide anwendet, hängt somit von verschiedenen Erwägungen bei der praktischen Lösung gewisser Arbeitsaufgaben ab. Die Schrägstellung der Schneide beim Balleisen und beim schrägen Simshobel (s. Hobeln) bezweckt ein Ausreissen der Holzfasern zu verhindern; denn bei der Schneide *a*, Fig. 447, wirken die verschiedenen Schneidenpunkte gleichzeitig auf ein längeres Stück derselben Holzfaser ein, während die Schneide der Lage *b*, Fig. 447, auf viele verschiedene Fasern einwirkt, hingegen eine bestimmte Faser momentan nur in einem Punkte fasst, dieselbe daher durchschneidet und nicht ausbricht.

Als zweite Gruppe betrachten wir jene Einwirkungen, welche durch die Bewegung von keilförmigen Schneiden, mit gleichfalls symmetrisch zur Bewegungsrichtung liegenden Keilflächen schief gegen die Oberfläche des Werkstückes erfolgen (Fig. 448). Man sieht sofort, dass der Winkel, welchen die Bewegungsrichtung mit der Oberfläche des Werkstückes einschliesst, d. i. $\sphericalangle \alpha$, stets grösser als der halbe Zuschärfungswinkel, d. i. $\frac{\beta}{2}$ sein muss.

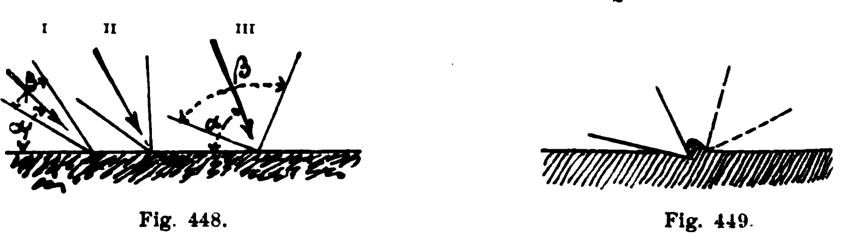


Fig. 448. Fig. 449.

Bei bildsamen Materialien werden unsymmetrische Schichtenverschiebungen eintreten, auch wird der Widerstand des Materials auf die beiden Keilflächen bedeutend verschieden sein, so dass die Schneide auf Biegung beansprucht wird. Ein spitzwinkeliger Stahlkeil auf irgend welches hämmerbare Material im Sinne der Fig. 448 I angewendet, wird bald gebrochen werden, ein Keil grösseren Zuschärfungswinkels, Fig. 448 II, wird auch nur auf geringe Tiefe einzudringen vermögen, man wird jedoch, wie dies mittelst des Bank- und Kreuzmeissels geschieht, Materialtheilchen aufstauchen und bei wiederholter, theilweise versetzter Lage des Werkzeuges auch abtrennen können. Fig. 449 soll dies andeuten. Man kann durch Meisselarbeit, durch allmähliches Abtrennen von Spänen vorspringende Zacken von einem Eisengusse abmeisseln, den Rand einer Blechplatte bemeisseln, in einer Welle z. B. eine Keilnuth herstellen u. dgl. m.; man wird aber von der Meisselarbeit, trotz der Einfachheit der anzuwendenden Mittel (Meissel und

Hammer) doch nur dann Gebrauch machen, wenn es nicht möglich ist, durch andere, rascher wirkende oder weniger Handarbeit erfordernde Mittel denselben Zweck zu erreichen.

Auf spröde Materialien lässt sich die Meisselarbeit zum Abtrennen von Theilchen, beziehungsweise zur Formgebung sehr wohl anwenden. Bei der Steinbearbeitung, insbesondere der Bildhauerei, ist Meissel und Hammer in mannigfachster Anwendung, desgleichen werden die bereits früher erwähnten Werkzeuge, Picke, Zweispitz, Krönel auch in schräger Richtung zur Oberfläche des Werkstückes mit ganz ähnlichem Erfolge wie der Meissel verwendet.

Zur Bearbeitung von Holz werden keilförmig zugeschliffene Werkzeuge, in schräger Richtung gegen die Oberfläche des Arbeitsstückes gedrückt oder gestossen, sehr häufig angewendet. So dient das Reifmesser, Fig. 450, zum Zuschnitzen von Werkzeugstielen, deren Ende in der Schnitzbank, S. 173, gehalten ist; hierbei zieht der Arbeiter das Messer gegen sich.

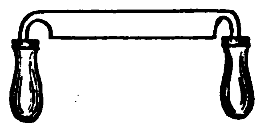


Fig. 450. Reifmesser.

Die Axt bewirkt bei schräg unter verschiedenem Winkel geführten Hieben ein Abtrennen gröberer Späne, wodurch eine Querschnittsverminderung des Stammes eintreten kann; z. B. Zuspitzen von Pfählen, Fällen der Bäume.

Auf die sogenannten schneidbaren Materialien, Kork etc., wendet man nur Werkzeuge mit kleinem Zuschärfungswinkel und hierbei überdies mit gezogenem Schnitte an.

Liegen die Keilflächen nicht symmetrisch zur Bewegungsrichtung, so wird im allgemeinen eine andere Art der Schichtenverschiebung und mithin des Eindringens des Werkzeuges erfolgen, es hat aber doch das in den vorstehenden Ausführungen für die verschiedenen Materialgruppen Gesagte auch hier im wesentlichen seine Giltigkeit.

Liegt eine der Keilflächen, wie in II und III der Fig. 451 parallel zur Bewegungsrichtung, so nennen wir ein Werkzeug dieser Schneideform einseitig zugeschliffen. Der einseitige Zuschliff gewährt für manche Arbeiten und auch für die Herstellung des Werkzeuges gewisse Vortheile.

Das deutsche Stemmeisen ist beiderseits, das englische einseitig zugeschliffen. Dasselbe gilt von dem deutschen, beziehungsweise dem englischen Beitel oder Lochbeitel, dessen Dicke etwas grösser als die Breite gehalten ist. Aus nachstehender

Fig. 452 ist sofort ersichtlich, dass die Herstellung der verticalen Wand eines Zapfenloches sich viel leichter mit einem englischen als mit einem deutschen Lochbeitel, beziehungsweise Stemmeisen herstellen lässt.

Die Aexte sind beiderseitig zugeschliffen, die Beile gewöhnlich einseitig. Es wird sich daher eine ebene Fläche mit einem Beile viel leichter behauen lassen, als mit der Axt.

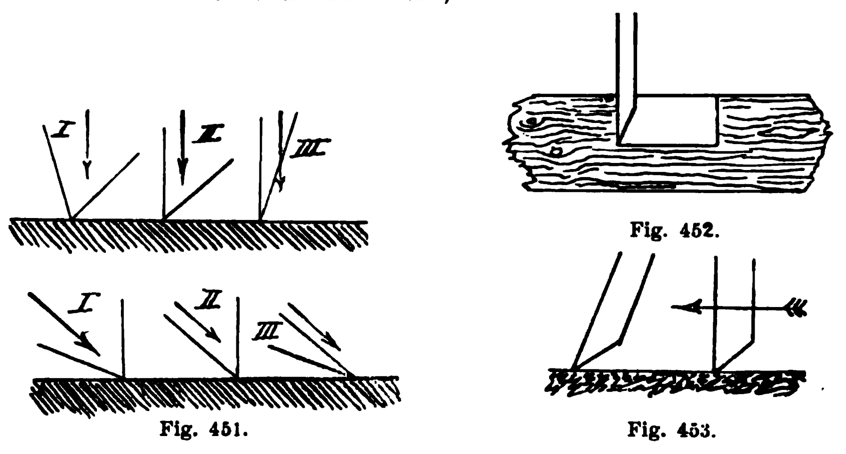


Fig. 451. Fig. 452. Fig. 453.

Die Richtung der Bewegung des Werkzeuges sei parallel zur Oberfläche des Werkstückes (Fig. 453).

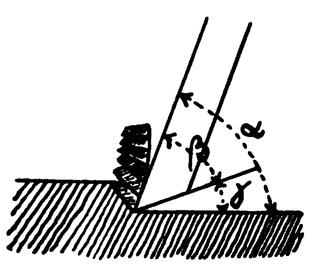


Fig. 454.

Soll das Werkzeug Späne nehmend einwirken, so muss es unter Druck zur Anwendung kommen, oder es muss unter dem Niveau des Werkstückes angestellt sein, und sodann gegen das Werkstück bewegt werden.

Von wesentlichem Einflusse auf den Arbeitsvorgang sind der Schneidwinkel α, der Zuschärfungswinkel β und der Anstellwinkel γ (Fig. 454).

Die Grösse des Schneidwinkels α hat Einfluss auf die Art der Bildung der Späne; je grösser dieser Winkel ist, umsomehr wirkt die Vorderfläche des Werkzeuges stauchend auf das abzuschiebende Material.

Von der Grösse des Zuschärfungswinkels β hängt die Widerstandsfähigkeit des Werkzeuges gegen Bruch oder Verbiegung der Schneide wesentlich ab.

Der Anstellwinkel γ beeinflusst den Widerstand, welcher dem Eindringen des Werkzeuges in normaler Richtung zur

Oberfläche des Werkstückes entgegen steht. Wäre Winkel γ gleich Null, so würde das Werkzeug, statt mit einer Kante, mit einer Fläche auf das Werkstück drücken und vermöchte nicht anzugreifen. Der Anstellwinkel muss daher grösser als Null sein.

Die Wahl der richtigen Winkel ist für die Arbeit so wichtig, dass eine nähere Betrachtung hierüber erforderlich wird.

Je widerstandsfähiger das Material ist, je mehr wird die Schneide des Werkzeuges auf Bruch beansprucht, daher muss auch der Zuschärfungswinkel entsprechend gross gewählt werden. Mit wachsendem Zuschärfungswinkel wächst auch der Schneidwinkel, denn es ist derselbe gleich der Summe aus Zuschärfungs- und Anstellwinkel. $\alpha = \beta + \gamma$. So lange α nicht wesentlich grösser als 90° geworden, findet die Spanbildung bei Eisen, Kupfer, Zink und

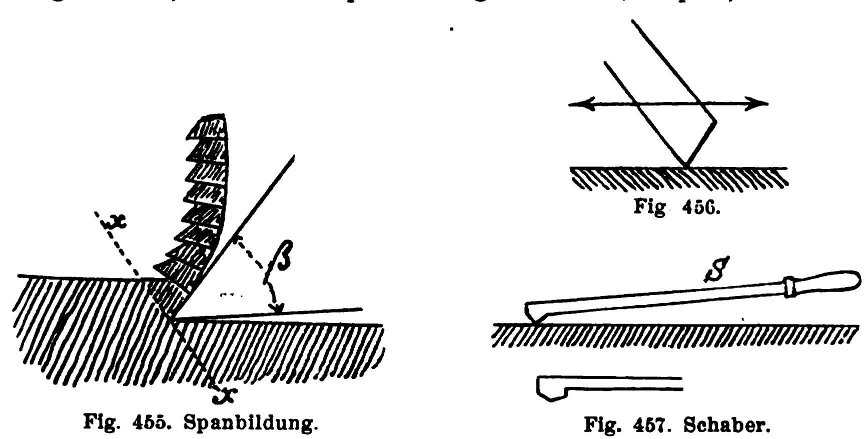


Fig. 455. Spanbildung.

Fig. 457. Schaber.

vielen Legierungen in der Weise statt, dass vor der Kante des Werkzeuges sich eine Rutschfläche bildet, über welche das Spanmaterial ruckweise, schuppenbildend*) ansteigt, wie dies Fig. 455 andeutet. Bei weichen Materialien, z. B. Blei, ist diese Schuppenbildung kaum erkenntlich, doch verkürzt sich der Span bedeutend, d. h. es kann bei einem Schneidwinkel von 90° die Spanlänge etwa $1/5$ der behobelten Länge betragen.

Wächst der Schneidwinkel bedeutend über 90°, dann findet nur mehr schabende Wirkung statt (Fig. 456). Man macht von Werkzeugen mit so grossen Schneidwinkeln bei der Schabarbeit Gebrauch, die Werkzeuge heissen Schaber und können die in Fig. 457 dargestellten Formen aufweisen; der Zuschärfungswinkel

*) Steine brechen körnig oder pulverig aus. Holz verhält sich je nach der Faserlage verschieden

kann auch grösser als 90° sein. Das Werkzeug wird mit wachsendem Winkel immer schwerer in das Material eindringen, die abgetrennten Theilchen werden dann ausserordentlich fein. Man wendet Schaber in den mannigfachsten Formen an.

Kleine Zuschärfungs- und Schneidwinkel lassen sich nur auf Materialien geringer Festigkeit, z. B. Holz, Blei etc. anwenden. Hierbei ist es für die spanbildende Wirkung ganz gleichgiltig, ob die Ebene des Anschliffes die Lage von Fig. 458*a* oder *b* hat, es

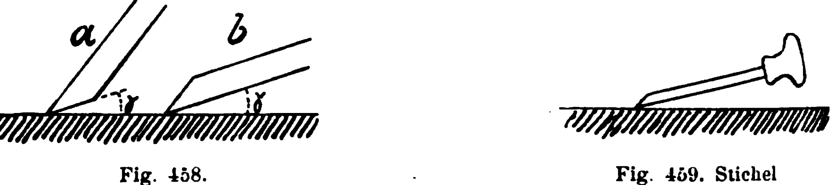


Fig. 458. Fig. 459. Stichel

kommt lediglich auf die Grösse der Winkel an. Die Lage *a* ist die gewöhnliche, sie kommt bei den meisten Hobeln und bei der gebräuchlichen Anstellung der Werkzeuge bei den Hobelmaschinen, Drehbänken und anderen Werkzeugmaschinen zur Anwendung. Die Lage *b* wird hingegen vom Graveur bei der Arbeit mit Sticheln meist zur Anwendung gebracht. Der Stichel liegt mit seinem runden Griffe in der Hohlhand des Arbeiters und derselbe bringt das Werkzeug drückend zur Wirkung, wie dies Fig. 459 andeutet. Auch

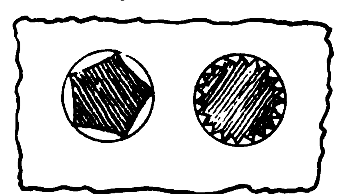


Fig. 460. Schabend wirkende Reibahlen.

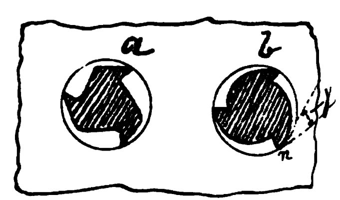


Fig. 461. Schneidend wirkende Reibahlen.

bei einem kleinen amerikanischen Hobel hat das Werkzeug die Lage Fig. 458 *b*, wodurch sich dem Werkzeuge eine Form geben lässt, welche sich gut in die Hohlhand einlegt.

In vielen Fällen, beim Bohren, Ausreiben, beziehungsweise Erweitern von Löchern rotiert das Werkzeug, in den zahlreichen Fällen der Dreharbeiten rotiert das Arbeitsstück. Dasjenige, was früher über die Bedeutung des Schneid-, Zuschärfungs- und Anstellungswinkels gesagt wurde, gilt auch hier. Es ist sofort einzusehen, dass Werkzeuge von konischer Form und den Querschnittsformen der Fig. 460 nur schabend wirken können. Ein solches

Werkzeug ist die zur Erweiterung von gebohrten Löchern in Metall oft verwendete Reibahle. Das Werkzeug ist schwach konisch, im Querschnitt meist fünfeckig.

Reibahlen der Querschnittsformen Fig. 461 können schneidend wirken, der Schneidwinkel ist bei *b* 90°, bei *a* kleiner als 90°. Der Anstellwinkel ist jener Winkel, welchen die Tangente an die Curve des Werkzeugrückens mit der Tangente an den Lochkreis im Punkte *n* Fig. 461 *b* einschliesst.

In Fig. 462 stellt *A* ein rotierendes Werkstück dar. Ist das Werkzeug *w* so festgestellt, dass die Verlängerung der oberen Fläche durch die Rotationsachse geht, so kann der Zuschärfungswinkel ein grosser werden. Ist hingegen das Werkzeug hoch gestellt, z. B. nach *w'*, so kann der Zuschärfungswinkel, wie aus der Figur ersichtlich ist, nur kleiner als $90 - \psi$ werden, denn bei dieser Grenze wird der Anstellwinkel bereits *o*. Aus der Vergleichung

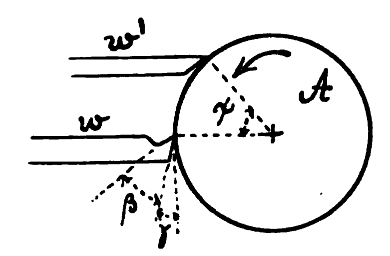


Fig. 462. Dreharbeit. Werkzeugstellung *w* richtig, *w'* unzulässig.

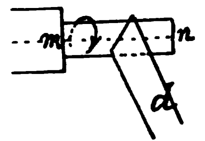


Fig. 463. Grundriss.

der beiden Werkzeugstellungen *w* und *w'*, Fig. 462, erkennt man noch Folgendes. Wird das Werkzeug durch den bei der Spanbildung entstehenden Druck gebogen, so wird diese Durchbiegung bei der Stellung *w'* ein tieferes Eindringen des Werkzeuges in das Material, daher eine gesteigerte Durchbiegung und schliesslich den Bruch bedingen; bei der Stellung *w* wird die Durchbiegung eine Verminderung des Eindringens der Schneide veranlassen, die Schneide wird gleichsam zurückgezogen, daher ein Bruch des Werkzeuges bei der Anstellung im Niveau der Achse des Arbeitsstückes (Höhe der Drehbankspindel) nicht leicht eintreten kann.

Bei den Drehbänken ist aus diesen Gründen die Einstellung des Werkzeuges in das Niveau der Drehbankspindel gebräuchlich. Eine Ausnahme bildet zuweilen der Gebrauch des sogenannten Drehmeissels (ähnlich dem Balleisen) beim Holzdrehen, welchen man häufig in der Weise anwendet, wie dies die Grundrissfigur 463 andeutet. Die Schneide des Werkzeuges kreuzt hier die zu höchst

liegende Erzeugende mn des Werkstückes. Bei dieser Lage kann ein Einziehen des Werkzeuges nicht erfolgen. Die in Fig. 463 skizzierte Stellung der Schneide weicht von der bei allen früheren Fällen angenommenen wesentlich ab, die Schneide steht hier zur Bewegungsrichtung schief, während der Winkel, welchen die Schneide des Werkzeuges in den betrachteten Fällen mit der Bewegungsrichtung einschloss 90^0 betrug.

Wir wollen den Winkel, welchen die Schneide mit der Bewegungsrichtung einschliesst, Aufsetzwinkel nennen, und mit δ bezeichnen. Stehe die vordere Werkzeugfläche wie in Fig. 464 und 465 normal zur Oberfläche des Arbeitsstückes; so wird die abgetrennte

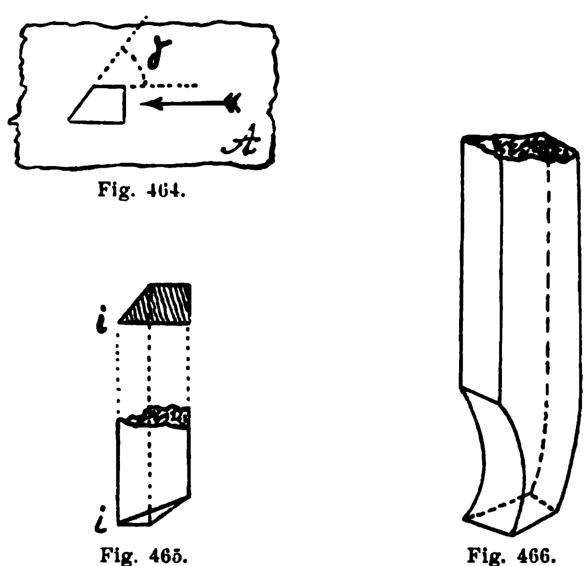


Fig. 464.

Fig. 465.

Fig. 466.

Materialmenge bei einem Aufsetzwinkel $\delta = 45^0$ sich nahezu ungestaucht zur Seite schieben. Ist das Werkzeug, wie dies gewöhnlich der Fall ist, wesentlich schmäler als das Arbeitsstück, dann müsste bei gleichem Aufsetzwinkel das Werkzeug die Gestalt Fig. 465 annehmen und es erhielte hierdurch bei i eine Spitze, welche dem Abbrechen leicht unterworfen wäre. Es empfiehlt sich deshalb bei der vorderen Fläche von der Ebene abzusehen und dem Werkzeuge etwa die Gestalt der Fig. 466 zu geben, wodurch die Gefahr des Abbrechens der Werkzeugspitze vermindert ist und doch das seitliche Abfliessen des Spanes erfolgen kann. Hervorragende, in grossen Dimensionen ausgeführte Beispiele stellen jene Pflüge dar, welche zugleich ein Wenden (Umlegen) des abgepflügten Bodenprismas vornehmen sollen.

Bei der Anstellung und Angriffsweise der Werkzeuge soll auch darauf Bedacht genommen werden, dass durch den unvermeidlichen vom Werkzeuge ausgeübten Druck keine die Genauigkeit der Arbeit wesentlich beeinträchtigende Durchbiegung des Arbeitsstückes erfolgt. Wird z. B. ein längeres Werkstück auf der Drehbank bearbeitet, so wird eine Anstellung des Werkzeuges wie es die Grundrissfigur 467 andeutet, deshalb vorzuziehen sein, weil hierbei die vom Werkzeuge ausgeübte Pressung nahezu in die Achsenrichtung des Werkstückes fällt, daher nur zu geringer Durchbiegung Veranlassung geben kann.

Die Arbeits- oder Schnittgeschwindigkeit beträgt bei der Metallbearbeitung mit spänenehmenden Werkzeugen etwa 100 *mm* oder 10 *cm*, bei der Holzbearbeitung kann sie 1 *m* bis 20 *m* betragen. Die verhältnissmässig geringe Schnittgeschwindigkeit bei der Metall- insbesondere der Eisenbearbeitung ist zur Erhaltung des Werkzeuges nothwendig, welches trotz Schmierung mit Seifen- oder Kalkwasser oder Oel bei hohen Schnittgeschwindigkeiten sich so erhitzen würde, dass der Werkzeugstahl seine Härte verlöre.

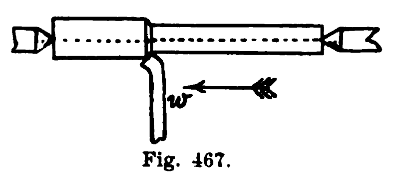


Fig. 467.

Der mechanische Vorgang beim Abtrennen von Spänen ist nicht einfach. Die Untersuchungen von Thime*) und Haussner lehren, dass bei dem Vorschreiten des Werkzeuges zunächst das Material zu fliessen beginnt und sodann über eine Gleitfläche abrutscht. Diese Scher- oder Gleitfläche kann eine Ebene sein, wenn die gerade Schneide des Werkzeuges über die ganze Breite des Werkstückes sich erstreckt, sie wird aber, wie Haussner gezeigt hat, zu einer Kegelfläche, wenn der gebildete Span von zwei Seiten abgetrennt wird, wie dies gewöhnlich der Fall ist. Der Wechsel von Materialfluss und Abscheren bedingt bei der Mehrzahl der Metalle ein schuppiges Aussehen des Spanes, bei spröden Metallen, wie dem Gusseisen, sind die einzelnen Schuppen in losem Zusammen-

*) Mémoire sur le rabotage des métaux par J. Thime, professeur à l'institut des mines. St. Petersbourg 1877.

Ueber das Hobeln von Metallen vom Dipl. Ing. Alfred Haussner (d. Z. Prof. in Brünn) in den Mitth. d. technol. Gewerbe-Museums in Wien 1892, S. 117 bis 179. Diese Abhandlung enthält auch die Uebersetzung der Arbeit von Thime.

S. ferner „Versuche über die günstigste Form der Schneidestähle" von Joessel. Dingler's polyt. J. 1865 und „das Messen des Widerstandes der Metalle bei Anwendung von Schneidestählen" von Prof. Gust. Sellergren. Zeitschr. d. österr. Ingenieur- u. Arch.-Ver. 1896, S. 473.

hange, der Span ist meist kurz und sehr brüchig. Je zäher das Metall, um so zusammenhängender der Span. Weiches Flusseisen, weiche Bronze liefern lange, biegsame Späne, die Schuppen treten weniger deutlich auf als bei feinkörnigen, mittelharten Legierungen. Es lässt sich aus der Beschaffenheit des Spanes recht gut die Qualität des Materials erkennen.

Es haben wohl Thime, Haussner und Sellergren Formeln für den Hobelwiderstand gegeben, welche goniometrische Functionen der Winkel enthalten, doch sind dieselben für den praktischen Gebrauch zu unbequem. Es dürften nachstehende Zahlen genügen. Nach Haussner's Versuchen bedarf das spänenehmende Werkzeug pro 1 mm^2 abzunehmender Materialschicht je nach seiner Gestalt und Anstellung und dem Verhältniss von Spanbreite zur Dicke einer Druckkraft, specifischer Hobelkraft,

für Gusseisen von 43 bis 96 *kg*,
für Martineisen von 100 bis 160 *kg*,
für Rothguss von 43 bis 84 *kg*.

Hierbei ist zu bemerken, dass der Schneidwinkel zwischen 55° und 72° und der Quotient aus Spanbreite durch Spandicke zwischen 0·3 und 5 betrug, mithin der Einfluss dieser Grössen auf den specifischen Hobeldruck kleiner war, als dies gemeiniglich angenommen wird.

Die Spanbildung erfolgte bei Haussner's Versuchen durch geradlinige Bewegung des Werkzeuges — hobeln.

Sellergren's Versuche wurden an Drehbänken durchgeführt, sie ergaben einen specifischen Werkzeugdruck:

für Gussmessing von 67 bis 86 *kg*,
für Gusseisen von 90 bis 113 *kg*,
für Schmiedeeisen von 76 bis 150 *kg*,
für Bessemereisen von 82 bis 110 *kg*,
für Bessemerstahl mit 0·5% *C.* von 117 bis 138 *kg*.

Dieselben Zahlen, welche den specifischen Werkzeugdruck in Kilogramm ausdrücken, geben auch die Arbeit in Millimeter-Kilogramm für 1 mm^3 Spanvolumen oder die Arbeit in Meter-Kilogramm für 1 cm^3 an.

Als abgerundete Mittelzahl kann 100 *kg* für den Quadratmillimeter Spanquerschnitt und 100 *mkg* Arbeit für den Cubikcentimeter abgetrennten Materials angenommen werden.

Die gewöhnlich beim Nehmen von Spänen angewendete Schmierung mit Oel oder Seifenwasser hat den Vortheil, das Werkzeug kühl zu halten, übt aber auf den Widerstand geringen Einfluss.

Der Widerstand beim Abdrehen von aussen wächst mit der Zunahme des Radius ein wenig, weil die Scherfläche an Grösse zunimmt; er ist stets etwas kleiner als beim Hobeln.

Beim Abdrehen von innen („ausdrehen") findet das Gegentheil statt. Für $R = \infty$ geht der Widerstand des Drehens in den Widerstand des Hobelns über. Der Vergleich der Zahlen Haussner's und Sellergren's zeigt jedoch, dass diese Widerstände weniger hiervon, als vom Material, der Werkzeugform u. dgl. abhängen.

Wenn man für genügende Kühlung des Werkzeuges sorgt und sehr dünne Späne nimmt, so kann für Messing die Geschwindigkeit von 500 *mm*, für Gusseisen von 120 *mm* empfohlen werden, für Schmiedeeisen wurde der geringste specifische Widerstand bei 60 *mm* Geschwindigkeit gefunden. Stumpf gewordene Schneidkante vermehrt den Widerstand wesentlich.

Die zum Antriebe der Werkzeugmaschine erforderliche Arbeit wird etwa 2·5mal der reinen Nutzarbeit sein. Betrüge die reine Nutzarbeit für das Abtrennen von 1 cm^3 von Eisen 100 *mkg*, so wären der Maschine 250 *mkg* Arbeit zuzuführen; soll diese Leistung pro Secunde erfolgen, so wären $3^1/_3$ Pferdekraft zum Antrieb der Maschine erforderlich.

Die unzweifelhaft sehr hohen Pressungen, welche das Abtrennen verhältnissmässig schwacher Späne erfordern, verlangen sowohl kräftige Werkzeuge als auch kräftige Werkzeugmaschinen.

Allgemeine Bemerkungen über Werkzeugmaschinen.

Die Hauptaufgaben der Werkzeugmaschinen bestehen in der Anarbeitung von ebenen Flächen und Rotationsflächen, im Bohren von Löchern, und im Schneiden von Schrauben; zumeist ist auch verlangt, dass die Ebenen aufeinander senkrecht stehen, oder ebene Anarbeitungsflächen senkrecht zur Achse von Rotationsflächen liegen. Die Herstellung anderer Flächen findet nur ausnahmsweise statt und kommen wir auf dieselben erst später zu sprechen.

Denken wir uns, ein Arbeitsstück rotiere um eine fixe Achse xx (Fig. 468) und lassen wir auf dasselbe ein Werkzeug w einwirken, dessen Spitze i in derselben Horizontalebene liege wie die Achse xx, so wird dasselbe bei allmählicher Annäherung eine Furche einschneiden, welche concentrisch zu xx liegt. Denken wir das Werkzeug sehr langsam nach der Geraden $mm' \parallel xx$ bewegt, so wird das Arbeitsstück nach einer Cylinderfläche abgedreht, diese Arbeit heisst egalisieren.

Fände die Bewegung nach der horizontalen Geraden $i\,n$ statt, was allerdings nicht sofort geschehen könnte, sondern ein allmähliches, schichtenweises Abdrehen nach $n_1\,n_1'$ etc. voraussetzen würde, so erhielten wir einen Kegel, die Arbeit hiesse konisch drehen. Durchliefe die Werkzeugspitze nach allmählicher Annäherung die Curve $i\,o\,o'\,o''$, welche gleichfalls im Niveau der Achse $x\,x$ läge, so erhielten wir einen Rotationskörper, die Arbeit hiesse runddrehen. Liessen wir ein Werkzeug w' längs der die Achse $x\,x$ schneidenden horizontalen Geraden $s\,s' \perp x\,x$ sich bewegen, so würde an das Werkstück eine Ebene angedreht, diese Arbeit hiesse plandrehen. — Die so erhaltene Ebene stünde senkrecht auf der Rotationsachse.

Wäre das Werkstück hohl und würde der Durchmesser der Höhlung durch ein Werkzeug, welches von der Innenseite aus zum Angriff kommt, vergrössert, so nennt man dies ausdrehen.

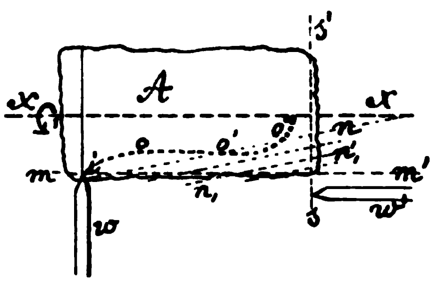


Fig. 468. Grundriss.

Alle diese Arbeiten werden drehen genannt und auf Werkzeugmaschinen ausgeführt, welche Drehbänke heissen.

Eine der wichtigsten Arbeiten, welche auch auf Drehbänken sehr häufig ausgeführt wird, ist das Schneiden von Schrauben. Hierbei wird das Werkzeug parallel zur Drehbankspindel wie beim Egalisieren, jedoch mit grösserer Geschwindigkeit bewegt. Legt das Werkzeug während einer Umdrehung gleichförmig den Weg s zurück, so wird eine Schraube von der Ganghöhe s gebildet. Die Gestalt der Gewinde — scharfe, flache, runde — hängt von der Gestalt und Anwendungsweise der Werkzeuge ab.

Die Anwendung des Drehens und der Drehbänke ist demnach eine höchst mannigfache und durch das Gesagte noch lange nicht erschöpft.

Sind an ein und demselben Arbeitsstücke verschiedene Rotationsflächen und solche ebene Flächen, welche auf der Achse der Rotationsflächen senkrecht stehen, anzuarbeiten, dann bedient man sich immer des Drehens, beziehungsweise der Drehbänke. Haben die anzuarbeitenden Rotationsflächen verschiedene Achsen, dann müssen sie nacheinander unter entsprechender Umspannung des Arbeitsstückes hergestellt werden.

Die in Fig. 469 skizzierte gekröpfte Welle wird z. B. zunächst in die Drehbank so eingespannt, dass sie um die Achse $a\,a'$

rotiert, in welcher Lage die Cylinder *c c* und die ebenen Flächen *f f'* bearbeitet werden. Hierauf findet das Umspannen mittelst der punktiert gezeichneten Hilfsstücke derart statt, dass nun die Rotation um die Achse *b b'* erfolgt und der Kurbelzapfen *z* abgedreht werden kann. Von der diesbezüglichen Einrichtung der Drehbank wird später gesprochen werden.

Denken wir uns ein Arbeitsstück A Fig. 470 auf einem horizontal verschiebbaren Schlitten befestigt und mit diesem geradlinig hin und her bewegt, das Werkzeug *w* (Fig. 470) für jeden Rechtsgang des Schlittens festgehalten, so wird längs einer horizontalen Geraden ein Span genommen. Verschiebt man nach jedem Schnitte das Werkzeug um die Spanbreite in horizontaler Richtung, so wird Span auf Span so abgenommen, dass eine horizontale Ebene angearbeitet wird. Diese Arbeit heisst hobeln, die Maschine Hobelmaschine.

Die Bewegung des Werkstückes bedingt im vorbeschriebenen Falle die Abtrennung des Spanes, so wie dies auch beim Drehen

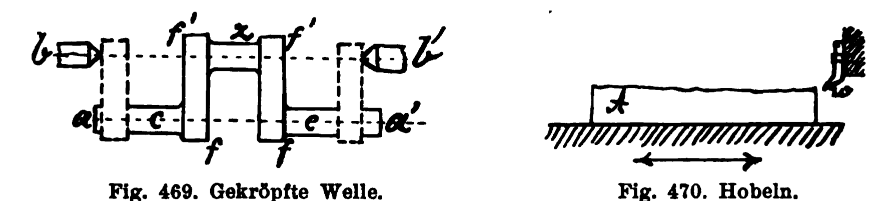


Fig. 469. Gekröpfte Welle.

Fig. 470. Hobeln.

der Fall war. Diese Bewegung kann man daher sinngemäss Arbeitsbewegung nennen. Die ruckweise Verschiebung des Werkzeuges *w* (Fig. 470), oder die continuierliche Verschiebung desselben beim Drehen, ermöglicht es, dass der Span nach einer Fläche abgetrennt wird, deren Charakter aus der Verbindung der Werkstück- und Werkzeugbewegung bestimmt ist; diese Werkzeugbewegung heisst Schaltbewegung. Endlich sind gewisse Bewegungen erforderlich, welche dazu dienen, dem Werkstücke oder dem Werkzeuge, oder beiden, jene Lage zu geben, welche zum Beginn der Arbeit erforderlich ist. Diese Bewegungen heissen wir Einstellbewegungen.

Jedem Techniker ist es sofort klar, dass es bei Erzielung einer bestimmten Arbeit nur auf die relative Bewegung zwischen Werkstück und Werkzeug ankommt. Es ist daher einleuchtend, dass wir mit dem ganz gleichen Arbeitsergebnisse dem Werkzeuge *w* Fig. 470 auch die geradlinige Arbeitsbewegung, dem Werkstücke die darauf senkrechte ruckweise Schaltbewegung geben können.

Ja es kann auch Werkstück oder Werkzeug festgestellt und dem zweiten Theile Arbeits- und Schaltbewegung gegeben werden. Hobelmaschinen, bei welchen das Werkzeug die Arbeitsbewegung macht, finden meist für kleine Arbeitsstücke unter der Benennung Feil- oder Shapingmaschinen Anwendung.

Die Einstellbewegung wird sowohl beim Hobeln als Drehen hauptsächlich in einer Bewegung des Werkzeughalters, des Supports (englischer Abstammung, Träger, Stütze bedeutend) bestehen; es gibt jedoch auch Hobelmaschinen, bei welchen auch das Werkstück durch Einstellbewegungen in die richtige Lage gebracht wird.

Denken wir uns die Hobelmaschine nach Fig. 471 so abgeändert, dass das Werkzeug die Arbeitsbewegung, das Arbeitsstück um die unverrückbare Achse xx die Schaltbewegung (ruckweise Drehung) macht, so wird das Ergebniss die Anarbeitung einer cylindrischen Fläche sein. Man nennt dies rundhobeln.

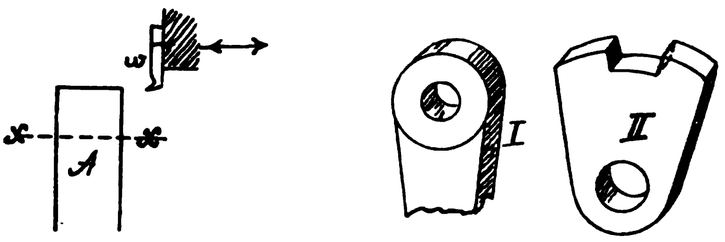


Fig. 471. Rundhobeln. Fig. 472. Anwendungen des Rundhobelns.

Cylinder wird man stets vollkommener und rascher durch Drehen herstellen, handelt es sich jedoch um Cylindersegmente (Fig. 472, I und II), so ist die Bearbeitung durch Drehen ausgeschlossen. Sehr oft macht man hierbei vom Rundhobeln Gebrauch. Andere Mittel hierzu wären die Stossmaschine und die Fräsmaschine.

Die Stossmaschine ist in der Wirkung mit der Hobelmaschine übereinstimmend. Das Werkzeug ist an einen vertical beweglichen Schuber befestigt und die Arbeit besteht in dem Bestossen verticaler Flächen, welche auch Kreiscylindersegmente sein können. Mit den Stossmaschinen werden sehr häufig auch die Keilnuthen von Zahnrädern, Riemenscheiben u. dgl. gestossen. Das Arbeitsstück ist auf einem Tische befestigt, und erhält entweder geradlinige oder Drehschaltbewegung.

Mittelst der Hobel-, Shaping- und Stossmaschinen können bei einem Aufspannen des Arbeitsstückes mehrere parallele, stufen-

weise am Arbeitsstücke liegende Ebenen angearbeitet werden, aber auch dazu senkrechte oder geneigte Ebenen dann, wenn die Maschine mit den hierzu erforderlichen Schaltbewegungen eingerichtet ist.

Das Bohren ist eine Arbeit, bei welcher durch ein rotierendes, langsam fortschreitendes Werkzeug — den Bohrer — ein cylindrisches Loch dadurch erbohrt wird, dass das den Lochraum füllende Material in Späne verwandelt wird.

Findet das Bohren maschinell statt, so wird dem Bohrer durch den Mechanismus mindestens die rotierende Bewegung ertheilt. Die fortschreitende Bewegung kann der Bohrer, beziehungsweise die Bohrspindel entweder durch entsprechende Belastung, oder durch einen Mechanismus erhalten, welcher von Hand aus oder selbstthätig bewegt wird; es kann aber dem rotierenden Werkzeuge auch das Arbeitsstück genähert werden. Die Arbeitsbewegung, sowie die continuierliche Schaltbewegung erhält zumeist das Werkzeug.

Die Anordnung ist gewöhnlich eine verticale. Das Arbeitsstück ist dann auf einem horizontalen Bohrtische befestigt. Gestattet der Bohrtisch zwei aufeinander senkrechte Horizontalbewegungen — Einstellbewegungen — so kann man jeden Punkt des Werkstückes unter die Bohrachse bringen und so beliebig viele Löcher mit zu einander parallelen Achsen bohren.

Man kann natürlich auch bei horizontaler Anordnung der Bohrspindel bohren; es geschieht dies auf sogenannten Horizontalbohrmaschinen oder auch unter Anwendung der Drehbank, indem man mit der Drehbankspindel den Bohrer, mit dem Support das Arbeitsstück verbindet oder umgekehrt. Soll ein cylindrischer Hohlraum erweitert oder genauer gestaltet werden, so kann dies auf Cylinderbohrmaschinen geschehen. Das Werkstück, z. B. der Dampfcylinder, ist centrisch zur Bohrwelle festgestellt, mit dieser ist der Träger der Werkzeuge, der Bohrkopf, verbunden. Der Bohrkopf macht eine drehende und langsam fortschreitende Bewegung; auf jede Umdrehung kommt ein Vorschub um die Spandicke. Unter Umständen hat man die Wahl, ob man von dem Ausbohren oder dem Ausdrehen Anwendung machen will.

Die Arbeiten des Drehens, Hobelns und Bohrens finden auch auf Holz Anwendung, doch gestattet und fordert dieses Material wesentlich kleinere Zuschärfungswinkel der Werkzeuge und bedeutend grössere Geschwindigkeit des Schnittes.

Während bei der Metallbearbeitung das Giessen, Schmieden oder Walzen gewöhnlich die Rohform der Arbeitsstücke liefert, ist bei der Holzbearbeitung zumeist das Sägen als Vorarbeit in Verwendung. Durch das Sägen werden aus den Stämmen Bretter und Latten hergestellt und diese erst der weiteren Bearbeitung zugeführt. Da es principiell dieselbe Arbeit ist, ob man einen Baum in Bretter theilt oder von einem kleinen Holzstückchen ein Stück mit der Säge abtrennt, so dürfen wir vom Sägen überhaupt erst später sprechen und kann es gestattet sein, diese Vorarbeit zunächst zu übergehen.

Wir schreiten zunächst zu einer kurzen Besprechung und schematischen Darstellung der Haupttypen der gewöhnlichsten Werkzeugmaschinen.

Diese Besprechung wird uns zeigen, dass diese Maschinen gewisse einfache Elemente (Drehpaare, Prismenpaare, Schrauben-

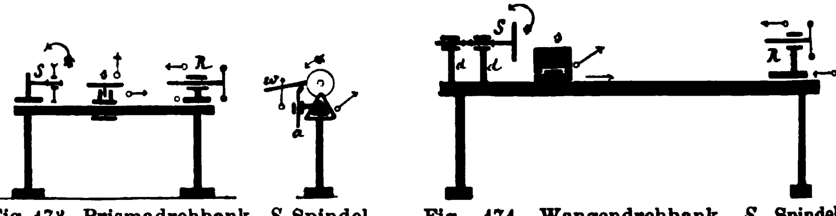


Fig. 473. Prismadrehbank. *S* Spindelstock, *R* Reitstock, *s* Support.

Fig. 474. Wangendrehbank. *S* Spindelstock, *R* Reitstock, *s* Support.

paare) in häufig wiederkehrender Gestaltung aufweisen. Sodann werden wir diese Elementarformen näher betrachten und hierauf erst zur Einzelbesprechung der wichtigen Arbeiten, Drehen, Bohren, Hobeln, Sägen, Fräsen etc. übergehen. In den nächstfolgenden Figuren bedeutet:

Horizontale geradlinige Verstellbarkeit { in der Zeichenebene / senkrecht zur Zeichenebene

Verticale Verstellbarkeit — Drehbewegung

Combinierte geradlinige und rotierende Bewegung

Pfeile: Arbeits- oder Hauptbewegung ⟶
Schaltbewegung ⟶
Einstellbewegung ⟶

Die Fig. 473 bis 475 stellen die Schemata von Drehbänken, und zwar der Prisma-, Wangen- und Plandrehbank vor, wobei die schiefen Pfeile die Beweglichkeit senkrecht zur Zeichenebene anzeigen. In diesen Figuren entspricht *S* dem sogenannten

Spindelstocke, *s* dem Support, *R* der Gegenstütze für längere cylindrische Arbeitsstücke, Reitstock genannt.

In Fig. 473 (Seitenansicht) ist *w* das von Hand aus an der Auflage *a* gehaltene Werkzeug. Die Schnurrolle läuft hier lose auf der festgestellten Spindel, diese und der Reitnagel enden in eine konische Spitze (Körner). (Abdrehen zwischen todten Spitzen. Näheres s. Drehen.)

Fig. 474, die Drehbankspindel rotiert, sie ist in beiden Docken *d* des Spindelstockes gelagert. Der Support *s* macht die continuierliche Schaltbewegung in der Längenrichtung der Bank. Das Werkzeug ist auf dem Support *s* durch Schrauben festgestellt.

Die Plandrehbank, Fig. 475, zeigt die mit der Drehbankspindel verbundene Planscheibe *p*, auf welcher grosse Gegenstände scheiben- oder ringförmiger Gestalt, Schwungräder, Seilscheiben etc. aufgespannt und am Umfange und an der Stirnseite

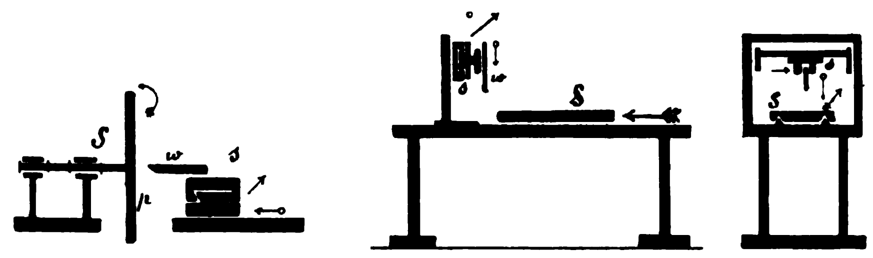


Fig. 475. Plandrehbank. Fig. 476. Metallhobelmaschine.

abgedreht werden können. Zu letzterem Zwecke, dem Plandrehen, erhält der Support senkrecht zur Bildebene die Schaltbewegung, wie dies der schräge Pfeil andeutet.

Die Fig. 476, 477 und 478 zeigen schematisch die Anordnung der gewöhnlichen Metallhobelmaschine, der Shapingmaschine und Stossmaschine.

Die beiden Ansichten, Fig. 476, zeigen, dass der Schlitten *S*, auf welchem das Werkstück aufgespannt wird, die Arbeitsbewegung macht. Der das Werkzeug tragende Support *s* macht die horizontale Schaltbewegung und kann im verticalen und horizontalen Sinne Einstellbewegungen erfahren; *w* ist das Werkzeug.

Bei der Shapingmaschine, Fig. 477, macht das Werkzeug *w* die Arbeitsbewegung, der Tisch *t* die Schaltbewegung. — *t* und *w* können Einstellbewegungen erfahren.

Die Stossmaschine, Fig. 478, besitzt einen vertical geführten Schlitten, welcher das Werkzeug *w* trägt; dasselbe macht die

Arbeitsbewegung. Der Tisch *t* kann eine ruckweise drehende und zwei aufeinander senkrechte horizontale, geradlinige Schaltbewegungen, je nach Bedarf erhalten. Zudem kann der ganze Tisch eine horizontale Einstellbewegung empfangen.

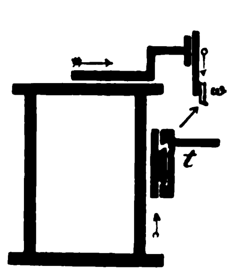


Fig. 477. Shaping- oder Feilmaschine.

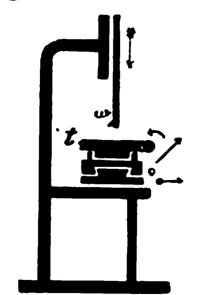
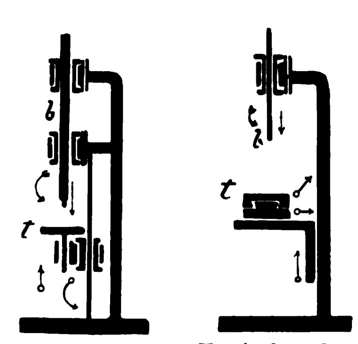


Fig. 478. Stossmaschine.

Bei den Verticalbohrmaschinen, Fig. 479 und 480, erhält die Bohrspindel *b* sowohl die rotierende als fortschreitende Bewegung (Arbeits- und Schaltbewegung). Der Tisch *t* besitzt nach Fig. 479 eine verticale und eine Dreheinstellbewegung; in Fig. 480 eine verticale und zwei aufeinander senkrechte horizontale Einstellbewegungen.



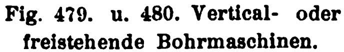


Fig. 479. u. 480. Vertical- oder freistehende Bohrmaschinen.

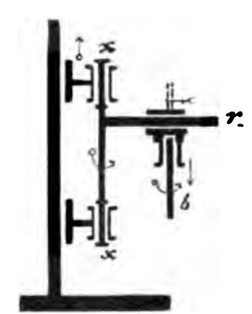


Fig. 481. Radialbohrmaschine.

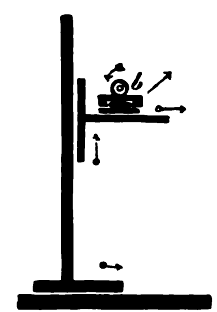


Fig. 482. Horizontalbohrmaschine.

Bei der Radialbohrmaschine, Fig. 481, welche auch eine verticale Bohrspindel mit Arbeits- und continuierlicher Schaltbewegung besitzt, lässt sich der Träger um *xx* drehen, an der Säule mit seinen Lagern heben, und es lässt sich der eigentliche Bohrmechanismus längs des Auslegers oder Radius *r* verschieben. Alle diese drei Bewegungen dienen dem Einstellen.

In Fig. 482 ist eine Horizontalbohrmaschine schematisch gekennzeichnet. Die Bohrspindel *b* liegt horizontal, sie erhält

sowohl die rotierende als fortschreitende Bewegung. Die Einstellbewegungen sind durch die drei Pfeile angegeben.

Die beiden Fig. 483 und 484 zeigen die Hauptanordnung zweier Langlochbohrmaschinen.

Unter einem Langloch versteht man eine Vertiefung, deren Grundriss von zwei parallelen Geraden und zwei, dieselben verbindenden Halbkreisen begrenzt ist. Der Langlochbohrer, dessen Skizze sich später bei den Bohrern finden wird, erlangt gleichzeitig eine rotierende und langsam fortschreitende Bewegung. Ist derselbe an einem der beiden Langlochenden angelangt, so erhält er einen achsialen Vorschub um etwa 0·3 bis 0·5 *mm* und tritt sofort, ohne die Rotation zu unterbrechen, den Rückweg zum anderen Lochende an u. s. w. Die Langlochbohrmaschine arbeitet daher wesentlich

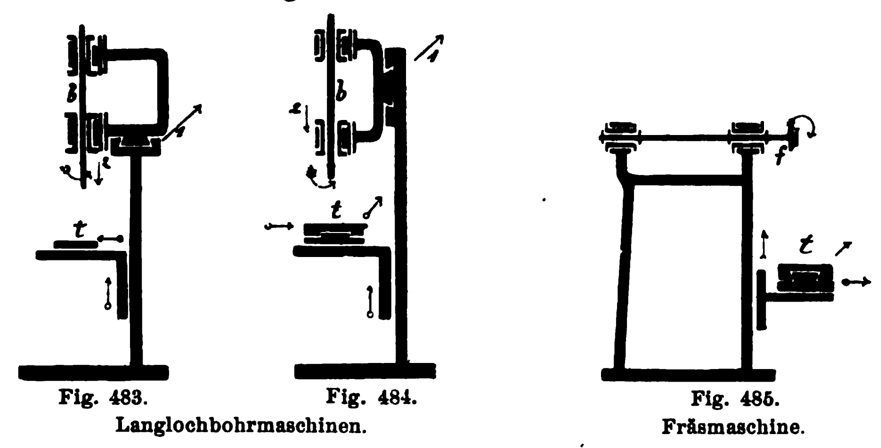


Fig. 483. Fig. 484.
Langlochbohrmaschinen.

Fig. 485.
Fräsmaschine.

anders als die gewöhnlichen Bohrmaschinen. Die Bohrspindel *b*, Fig. 483, 484, erhält die rotierende Arbeitsbewegung und zwei Schaltbewegungen, nämlich die horizontale Rückkehrbewegung Pfeil 1, und die ruckweise Verticalbewegung Pfeil 2. Der Tisch *t* erhält nur Einstellbewegungen.

Fräsen sind rotierende Stahlwerkzeuge mit mehreren Schneiden, welche entweder in einer Kreiscylinderfläche oder in einer Rotationsfläche beliebiger Gestaltung liegen. Die Arbeitsbewegung der Fräsen *f*, Fig. 485, 486, ist stets eine rotierende Bewegung mit etwa 100 *mm* Schnittgeschwindigkeit. Es kann die Achse oder Frässpindel horizontal, Fig. 485, oder vertical, Fig. 486, angeordnet sein. Die continuierliche Schaltbewegung kann entweder dem Tische *t*, Fig. 485, gegeben werden, welcher das Arbeitsstück trägt, oder dem die Fräswelle tragenden Frässchlitten, Fig. 486. In der

ersteren Figur erhält der Tisch t die Einstellbewegungen, in der zweiten die das Arbeitsstück tragende Achse a, deren Lagerung in der Figur nicht näher dargestellt ist.

Denken wir uns die Fräswelle, Fig. 485, sehr rasch (etwa tausendmal schneller) rotierend und daran statt einer Fräse einen Messerkopf befestigt, dessen Schneiden eine Rotationsfläche durchlaufen, so wird die Maschine Holz hobeln können. Fig. 487 stellt

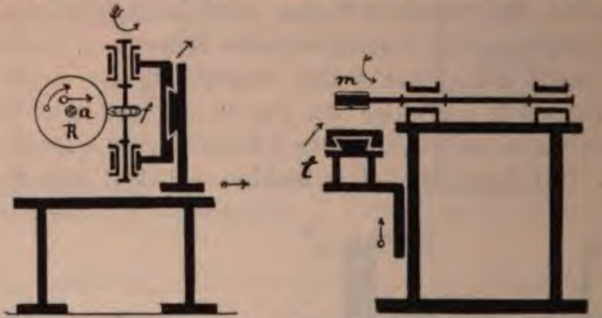


Fig. 486. Fräsmaschine. Fig. 487. Holzhobelmaschine.

das Schema einer kleinen, nur mit einem Messerkopf arbeitenden Holzhobelmaschine vor, dessen Uebereinstimmung mit Fig. 485 augenfällig ist.

Ueberblicken wir nochmals die schematischen Darstellungen, die von den Dreh-, Hobel- Bohr- und Fräsmaschinen gegeben wurden, so ist die nahe Verwandtschaft im Baue dieser verschiedenen Werkzeugmaschinen zweifellos.



Fig. 488. Kraftschlüssige Geradführung bei Hobelmaschinen.



Fig. 489. Paarschlüssige Geradführung.

Längere und kürzere Geradführungen, zumeist in Form von Prismenpaaren,*) stehen in mannigfachster Anwendung und sollen zunächst einige derselben durch die Fig. 488 bis 498 dargestellt sein. Genaue Geradführung setzt genaues Anliegen der Flächen des Voll- und Hohlprismas, d. h. durch Schabarbeit**) rectificierte Ebenen voraus.

*) Hierunter ist der in die Kinematik durch Reuleaux eingeführte Ausdruck zu verstehen, s. seine Kinematik, S. 94.

**) s. S. 157.

Fig. 488 stellt eine kraftschlüssige Führung dar, wie sie bei Hobelmaschinen gewöhnlich ist. Die an der Unterseite des Schlittens S angebrachten Prismen gleiten in Nuthen des Bettes B; diese Nuthen besitzen unten bei o eine Furche, welche einerseits bestimmt ist, Schmiermittel (Oel) aufzunehmen, andererseits das Auflaufen und Verreiben der Prismakante ausschliesst. Von o ausgehend, sollen Oelfurchen in den Gleitflächen oder in Oel laufende Schmierkegel angebracht sein.

Die Führung Fig. 489 ist seltener angewendet, sie ist ohneweiters verständlich. Die obere Fläche des Schlittens ist mit trapezförmigen oder ⊥-förmigen Längsfurchen n, n' zum Aufspannen der Arbeitsstücke versehen. Hierzu bedient man sich verschieden langer Schrauben, deren Köpfe in die Nuthen eingeschoben

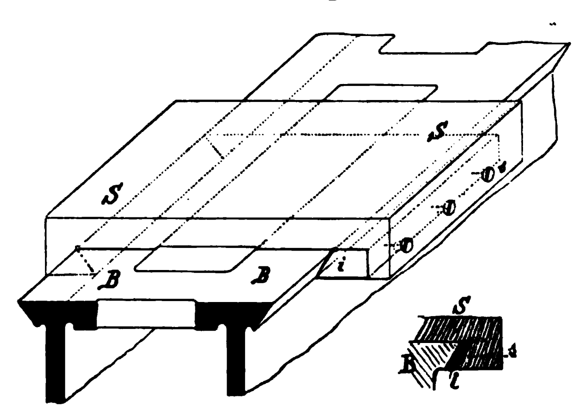


Fig. 490. *B* Bett, *S* Schlitten, *i* Beilage, *s* Druckschräubchen, verticale Schräubchen, welche *i* mit *S* verbinden, sind gedeckt.

werden. Bei der Form n' Fig. 489 können die Schraubenköpfe auch von oben eingesteckt und dann um 90^0 gedreht werden, wenn sie die Form: ⊥ ▯ besitzen.

Durch den Gebrauch nützen sich die Führungsflächen ab, wodurch ein Spiel entstehen kann, welches die Genauigkeit der Führung und hierdurch auch die Genauigkeit der Arbeit beeinträchtigt. Um dieses Spiel zu beseitigen, sind in vielen Fällen nachstellbare Beilagen (Gleitstücke, Anziehleisten), in den Fig. 490 bis 496 mit i bezeichnet, angewendet.

Indem die Abnützung in der Regel keine in der ganzen Länge des festgestellten Prismas gleichmässige ist, sondern gewöhnlich innerhalb jener Wegstrecken, welche den für die Arbeit meistgebrauchten Verschiebungen entsprechen, eine grössere ist, so

können die Nachstellschienen *i* den Fehler nicht vollkommen ausgleichen, es muss vielmehr von Zeit zu Zeit durch Schabarbeit eine Berichtigung über die ganze Länge des führenden Prismas erfolgen.

In Fig. 490, 491 und 492 sind die zumeist gebräuchlichen Anwendungsarten der Beilagen *i* dargestellt.

Mit *s* sind die Druckschräubchen bezeichnet, deren Anziehen das Anliegen der Beilage an der Führungsfläche bedingt. Die An-

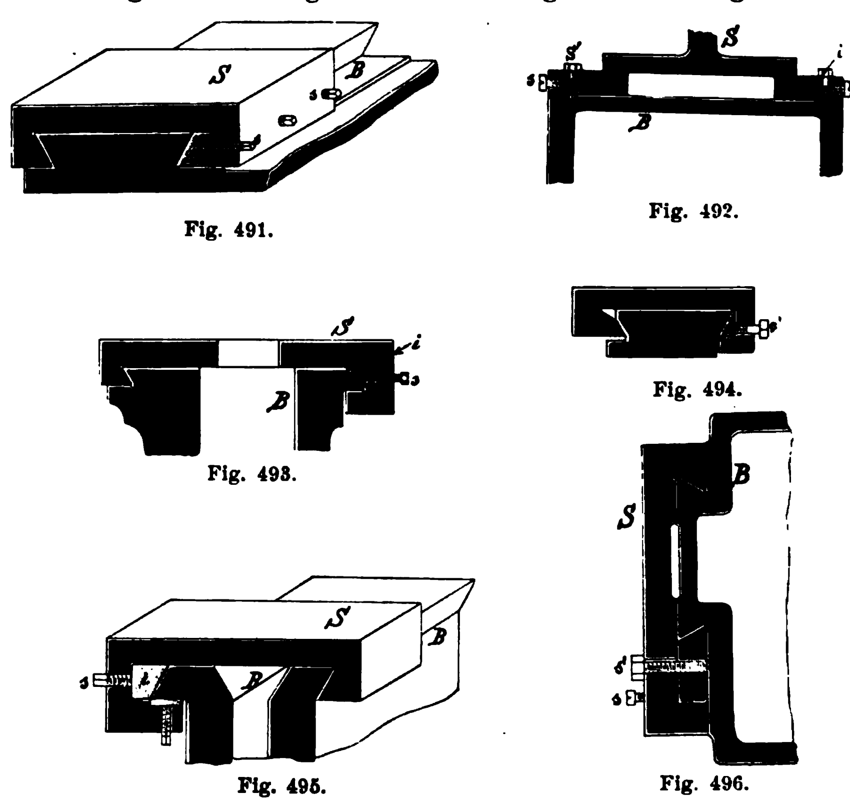


Fig. 491. Fig. 492. Fig. 493. Fig. 494. Fig. 495. Fig. 496.

Verschiedene Geradführungen.

ordnung Fig. 492 wird nur dort gebraucht werden, wo es auf ganz genaue centrische Einstellung des Schlittens *S* ankommt, wie z. B. bei Durchschnitten (Lochmaschinen). Hier finden die Schrauben *s'* ihre Muttern in *B*, sie gehen durch ovale Löcher der Beilagen, so dass die Schrauben *s'*, lose angezogen, die Verschiebung von *i* durch *s* nicht hindern.

Die Anordnungen Fig. 493 bis 496 finden seltener Anwendung. Die Form und Lage der Beilage *i* ist in Fig. 493 und 495 eine solche, dass die Platte *S* die Neigung zum Hub erhält, was

vermieden werden soll und in Fig. 495 durch eine zweite Beilage verhindert wird, wodurch die Anordnung an Einfachheit einbüsst und sich nur ausnahmsweise rechtfertigt. Auch die Anordnung Fig. 496 findet nur selten Anwendung. In den Fig. 490 bis 496 ist angedeutet, dass den scharfen Kanten der Führungen Vertiefungen der einspringenden Winkel gegenüberstehen. Der Zweck ist bereits S. 455 gelegentlich der Besprechung von Fig. 488 angegeben.

Die beiden Fig. 497 und 498 stellen keine eigentlichen Geradführungen, sondern die Verstellbarkeit eines Bestandtheiles an einem anderen und die Art der Feststellung dar; obwohl auch hier die Verstellung nach einer geraden Linie erfolgt. In diesen Figuren sind die Theile *R* und *I* an dem Bette *B* oder *II* verschiebbar und findet die Feststellung durch Anziehen der Schraube *s* statt.

Es verdient hervorgehoben zu werden, dass die Geradführungen in sogenannte Innenführungen und Aussenfüh-

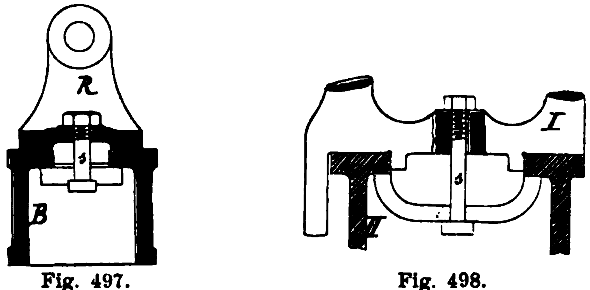


Fig. 497. Fig. 498.
Anordnungen zum Feststellen verschiebbarer Stücke.

rungen unterschieden werden können, und dass die Aussenführungen dem Ecken (vgl. S. 32) weniger unterworfen sind. Die umstehenden Figuren zeigen, dass der Widerstand, welchen die in die Führung einbeissende Ecke *e* bei der Innenführung ausübt, die Verdrehung, beziehungsweise das Ecken vermehren hilft, hingegen bei der Aussenführung derselben entgegenwirkt. Auf alle Fälle ist es anzurathen, die Ecken des geführten Stückes abzurunden; Fig. 499 und 500. (Rezek, über Führungen. Mittheil. des technol. Gewerbe-Museums 1894.)

Die Construction von Theilen, welche zu einander relative Drehung gestatten sollen, von Drehpaaren, ist gleichfalls mannigfach und in den verschiedensten Verbindungen bei Werkzeugmaschinen durchgeführt. Am häufigsten ist es Aufgabe, eine Spindel in festgestellten Lagern so anzuordnen, dass dieselbe geeignet ist, Pressungen senkrecht und parallel zur Achse auszu-

halten, ohne in ihrer Lage eine nachtheilige Veränderung zu erfahren. Die Fig. 501 bis 506 stellen Drehpaare vor, wie sie bei Drehbänken Anwendung finden. Fig. 501 ist eine Form, welche bei kleinen Drehbänken (Prismadrehbänken, vgl. Fig. 473) zur An-

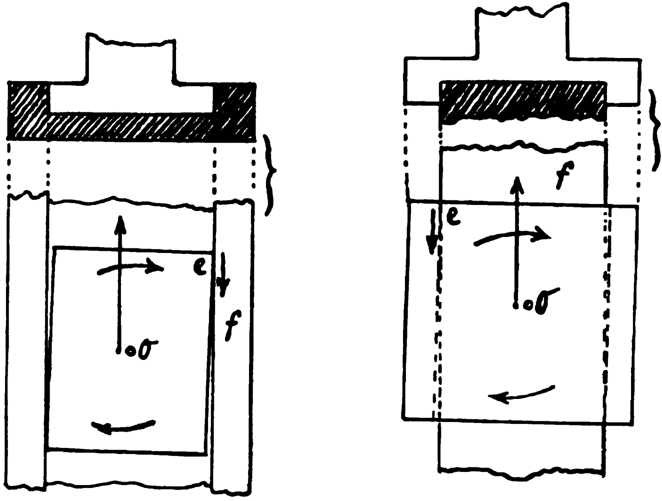


Fig. 499. Innenführung. Fig. 500. Aussenführung.

wendung kommt. Die Rolle *r* läuft lose auf dem festgestellten Bolzen *b* und das Arbeitsstück wird durch Mitnehmer von *r* aus in Umdrehung gesetzt. Fig. 502 ist die Daraufsicht eines Spindelstockes mit cylindrischen (getheilten) Lagern, Fig. 506 der Vertical-

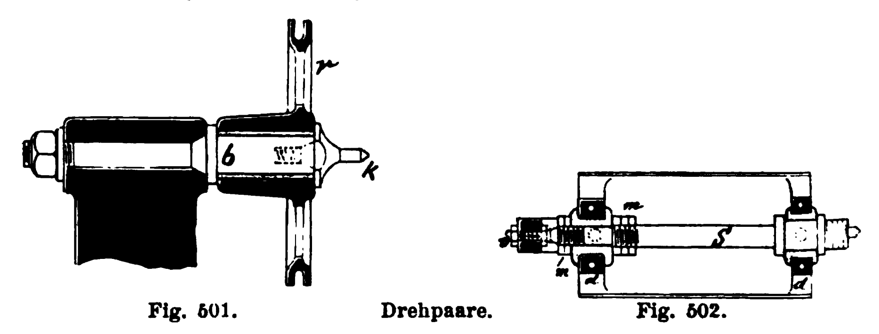


Fig. 501. Drehpaare. Fig. 502.

schnitt durch den oberen Theil des Spindelstockes einer Plandrehbank mit ebensolchen Lagern. (Vgl. Fig. 474 und 475.)

Die Lagerschalen nützen sich nie gleichmässig ab, sondern vorwaltend an jenen Stellen, welche die Pressungen aufzunehmen haben, d. i. unten und namentlich an der dem Werkzeugdrucke entgegenwirkenden Lagerseite. Es entsteht hierdurch ein Spielraum, welcher durch Anziehen (Niederschrauben) der oberen

Lagerschale nicht behoben werden kann. Ist aber die Spindel nicht genau gelagert, so wird auch die Dreharbeit ungenau. Zum Zwecke der Richtigstellung müssen die Lagerschalen auf den Spindelzapfendurchmesser neu ausgedreht werden, was wohl möglich, aber sehr umständlich ist.

Bei vielen Dreharbeiten wird die Spindel in ihrer Längsrichtung zurückgedrückt. Die Pressung könnte wohl von den Lagerschalen an ihrer Stirnfläche aufgenommen werden, doch ist es besser, weil mit geringerer Reibungsarbeit verbunden, wenn

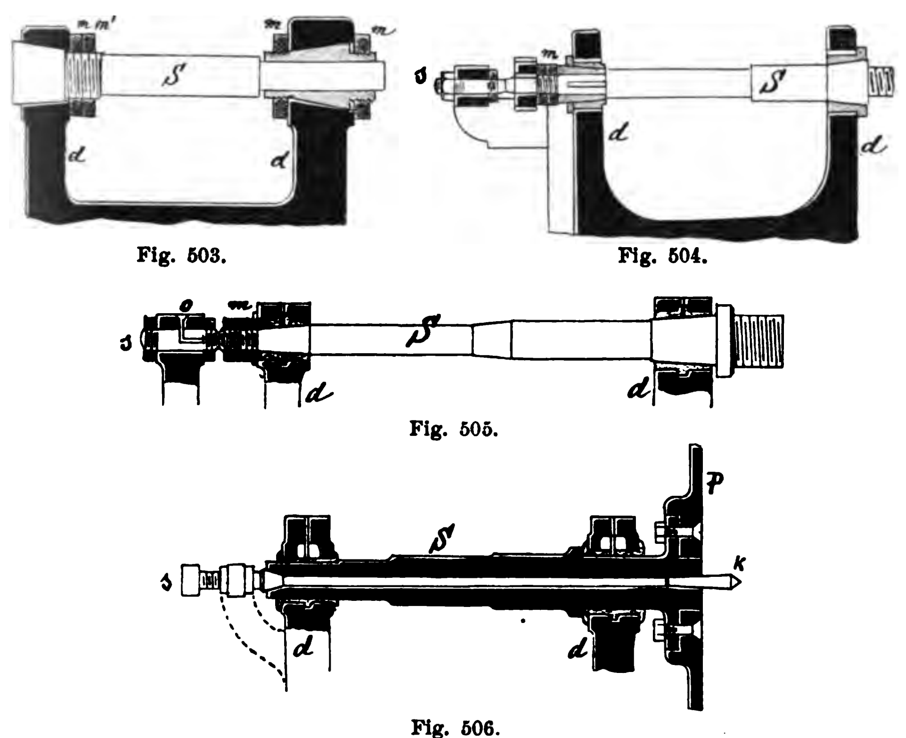


Fig. 503. Fig. 504.

Fig. 505.

Fig. 506.

Verschiedene Arten der Lagerung von Drehbankspindeln.

dieser Schub von der Endfläche einer Schraube *s* aufgenommen wird, welche in Fig. 505 sammt einem Schmiercanale *o* dargestellt ist, jedoch auch in den Fig. 502, 504 und 506 ersichtlich ist.

Dem nachtheiligen einseitigen Auslaufen der cylindrischen Lager hat man geglaubt durch konische Lager, Fig. 503 bis 505, abhelfen zu können, doch liegt auch diesen sehr häufig anzutreffenden Lagern die nicht zutreffende Annahme zugrunde, dass die Abnützung eine durchwegs gleichmässige sei. Wäre dies der Fall, dann liesse sich allerdings durch Anziehen der Muttern *m*, Fig. 503

bis 505, der Fehler beheben. Der Ungleichmässigkeit der Abnützung wegen gelingt dies aber nicht und beschränkt sich der Vortheil der konischen Lagerung darauf, dass die Rectification der ungleich ausgelaufenen konischen Stücke zumeist etwas leichter vorzunehmen ist, weil sie oft mittelst konischer Fräsen oder durch Einschleifen möglich wird. Eine wirkliche Abhilfe erfolgte erst durch die Anwendung des Lagers von Putnam.

Dieses in den Fig. 507 I und II dargestellte Lager hat anziehbare Bronzeschalen, welche in Fig. 507 II im Normalschnitt dargestellt sind. Durch einen bis zum Lagerzapfen geführten Schlitz und durch zwei Nuthen erlangt diese Lagerschale *b* die Fähigkeit, dicht an den Zapfen mittelst schwach konischer Schrauben, welche auf beiden Enden der Lagerschale aufgeschnitten sind, an-

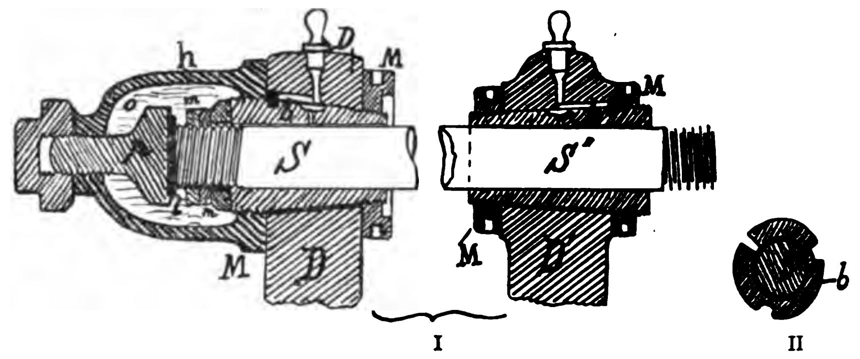


Fig. 507. Putnam's Spindellagerung.

gedrückt werden zu können. Dieser Andruck erfolgt durch die Muttern *M*, welche gleichfalls schwach konisch sind. *S S'* sind die Zapfen der Drehbankspindel, *D D'* die beiden Docken des Spindelstockes. Das Ende der Spindel lehnt sich an die Lederscheibe *l**) und die Gegenstütze *p*. Die Hülse *h* ist mit Oel *o* gefüllt. *m m* sind Stellmuttern. *b* ist an der Drehung durch ein Zäpfchen verhindert. Das Anziehen der Lagerschalen hat so zu geschehen, dass die Drehbarkeit der Zapfen nicht beeinträchtigt wird. Ueberdies lässt sich das Lager *b* zweimal um je 120° verdrehen, wodurch auch die Abnützung eine nahezu vollkommen gleichmässige wird.

Die Anordnung gehärteter Lagerbüchsen bei gleichzeitig ausgiebiger Schmierung ist ein weiteres vorzügliches Mittel, exacte Lagerung durch lange Zeit zu erhalten.

---

*) Statt Leder wird vortheilhaft eine Masse gewählt, welche unter der Benennung Fibre von der Laminar Fibre Goods Company in Boston in den Handel gebracht wird.

Bei den besprochenen Lagerungen, vom letzten, bei welchem die Schmierung sehr reichlich ist, abgesehen, wird Schmieröl in die auf den Lagerscheiteln befindlichen kleinen Schmierbüchsen oder konischen Schmierlöcher getropft und soll dies genügen. Bei den Metalldrehbänken mit ihren verhältnissmässig geringen Drehungszahlen ist dies auch der Fall. Bei Lagern jedoch, welche rasch laufende Spindeln aufnehmen, z. B. bei Desintegratoren,

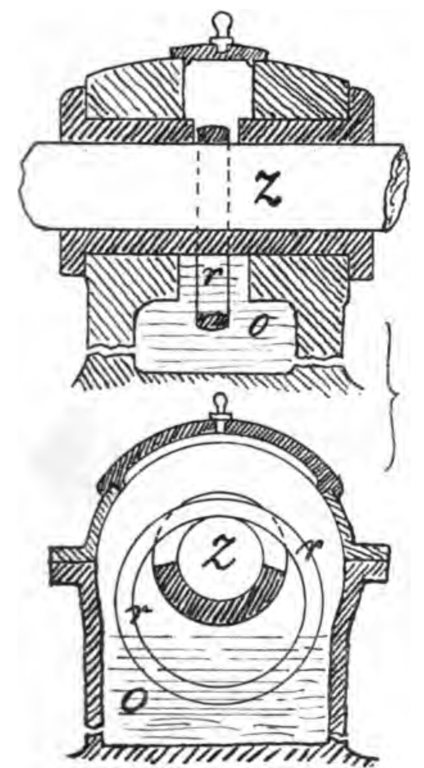


Fig. 508. Lager mit Ringschmierung.

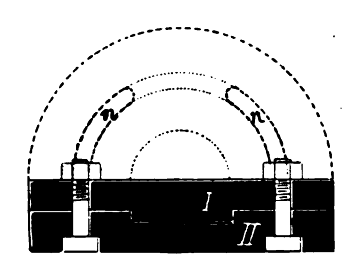


Fig. 509.
Drehpaar für Einstellbewegung.

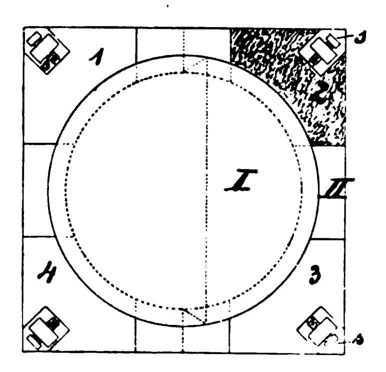


Fig. 510. Lagerung einer Vollscheibe auf Drehung.

Holzhobelmaschinen etc. etc. sind Lager mit Ringschmierung nach Fig. 508 sehr vortheilhaft. Die vorstehende Figur zeigt die Anordnung eines solchen Lagers. *o* ist das Oelgefäss, *r* der Ring, welcher lose auf dem Achszapfen läuft, und weil er in das Oel reicht, dasselbe bei der Drehung stetig dem Zapfen und seinen Lagern zuführt.

Die Fig. 509 und 510 stellen Drehpaare vor, welche mannigfache Anwendung theils für Einstellbewegung, theils für continuirliche oder ruckweise Schaltbewegung finden.

Die Platte I (Fig. 509) lässt sich gegen II relativ verdrehen, wenn die Schrauben gelüftet sind, weil die obere Platte concentrische Schlitze *n n* besitzt, welche die Verdrehung entsprechend ihrer Länge zulassen. Mittelst der beiden Schrauben erfolgt die Feststellung.

Desgleichen gestattet die Anordnung Fig. 510 eine Drehbewegung von I gegen II. In den vertieften Rand der Scheibe I greifen die radial verstellbaren Segmente 1 bis 4 ein, welche mit der Grundplatte II in verschiedener Weise, entweder durch radiale Prismenführung oder radialen Schlitz und Klemmschraube in Verbindung stehen. Die Schräubchen *s* sind Stellschrauben, durch deren Anziehen die Segmente genau zum Anliegen an I gebracht werden können.

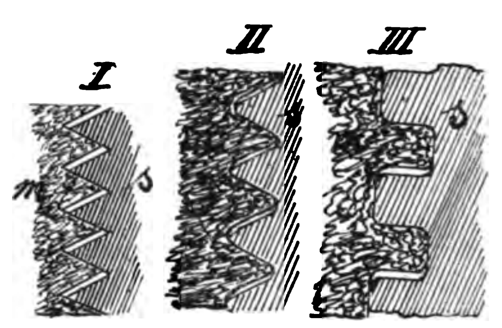


Fig. 511.

Die allgemeinen geometrisch-kinematischen Beziehungen zwischen Voll- und Hohlschraube, welche zusammen ein Schraubenpaar bilden, können als bekannt vorausgesetzt werden.

Hier seien nur jene Mittel besprochen, durch welche der Zwischenraum zwischen den Gängen der Voll- und Hohlschraube, welcher durch Abnützung entsteht, beseitigt oder doch unschädlich gemacht werden kann. Die Schraubenflächen nützen sich naturgemäss allmählich ab, insofern sie beim Gebrauche Kräfte vermitteln; hierdurch wird der Gang ungenau, d. h. es wird bei dem Richtungswechsel eine gewisse Drehung nöthig sein, bevor wieder Anliegen der Gewinde erfolgt, die Schraube hat „todten Gang". Wären die Gewindgänge in Schnitte gleichseitige Dreiecke, so könnte die Abnützung nach Fig. 511 I erfolgen und in diesem Falle liesse sich der entstandene Zwischenraum an beiden Seiten eines Durchmessers dadurch beheben, dass man die Mutter nach Fig. 512 theilt und die Theile gegeneinander zieht. Haben aber die Gewinde die gangbaren Formen (Fig. 511 II oder III), dann kann der „todte

Gang" nur dadurch behoben werden, dass man die Mutter aus Theilen zusammensetzt, welche voneinander in der Richtung der Achse der Schraube entfernt oder gegeneinander genähert werden können (Fig. 513 und 514).

Die Theilung der Mutter nach Fig. 512 kann deshalb nicht genügen, weil eine Abnützung an den Abrundungsflächen (Fig. 511 II) oder an den cylindrischen Flächentheilen der Gänge (Fig. 511 III) nicht erfolgt, daher ein Zusammenziehen nach Fig. 512 nicht thunlich ist.

Zeigt sich ein todter Gang, so müssen die Muttertheile m_1 m_2 Fig. 513, 514 durch die Stellschräubchen wieder zum Anliegen an die Spindel gebracht werden.

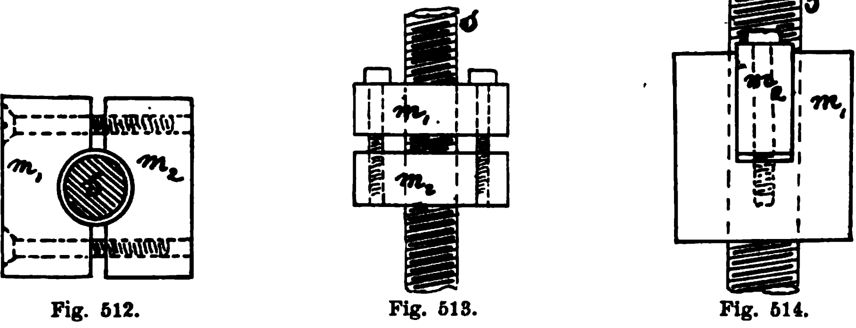


Fig. 512. Fig. 513. Fig. 514.
Mittel zur Beseitigung des todten Ganges.

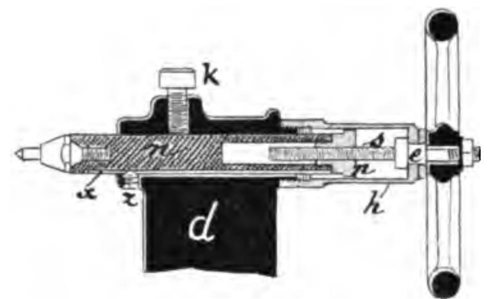
Verbindungen von Prismen-, Dreh- und Schraubenpaaren kommen in der mannigfachsten Weise bei den verschiedensten Werkzeugmaschinen zur Anwendung und seien im Folgenden einige charakteristische Beispiele gegeben.

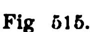
Die zu lösende Aufgabe sei 1. die geradlinige Verschiebung eines Theiles *n* durch Einwirkung eines Schraubenpaares, welches in der Richtung der Mittellinie (Achse) des Theiles *n* liegt. Diese Aufgabe ist u. a. in mannigfacher Weise bei den Reitstöcken der Drehbänke gelöst, wie dies die Fig. 515 bis 518 zeigen.

n (Fig. 515) ist der Reitnagel, welcher durch eine Längsnuth *x* und ein in dieselbe eingreifendes festgestelltes Zäpfchen *z* oder statt dessen durch einen Keil (Feder und Nuth) an der Drehung verhindert wird, wodurch *n* und *d* als Prismenpaar wirken.

Mit *n* wird entweder die Schraubenmutter *m* (Fig. 515, 516, 518) oder die Schraube *s* (Fig. 517) fest verbunden. Im ersteren Falle erhält die Schraube, im letzteren die Mutter durch ein Handrad die Drehbewegung und stets vermittelt ein eingedrehter Hals *e*, dass sich die Drehbewegung am Orte vollzieht. Indem sich somit

entweder die Schraube oder die Mutter am Orte dreht, muss dasjenige Element des Schraubenpaares, welches mit *n* fest verbunden ist und dadurch auch *n* die geradlinige Bewegung machen.*) Bezüglich des eingedrehten Halses, welchen wir bereits bei Besprechung der Hobelbank (S. 172) kennen lernten, ist hervorzuheben, dass unter Umständen die in denselben eingreifende Platte *p* (Fig. 517) zweitheilig sein muss, damit sie angebracht




Fig 515.

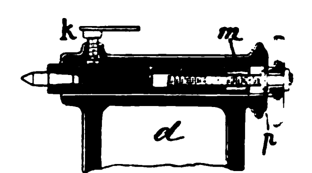


Fig. 516.

werden kann. Ist der Reitnagel *n* nach Bedarf verschoben, so wird er festgestellt, was durch Klemmschrauben *k* (Fig. 515, 516) oder noch besser durch die in Fig. 519 skizzierte Klemmung geschehen kann, eine Klemmung, bei welcher das gusseiserne geschlitzte Rohr der Docke durch die Schraube *s* zusammengezogen wird.

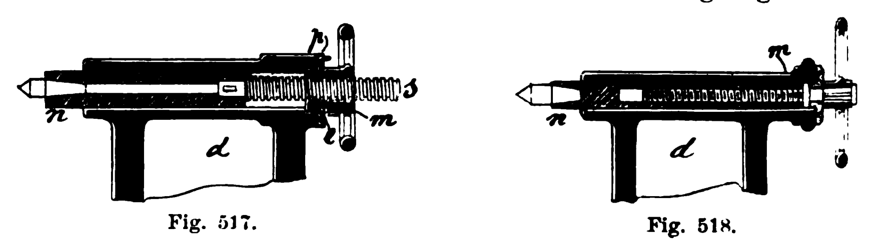


Fig. 517.

Fig. 518.

Diese, in verschiedenen Varianten angewendete Klemmung functioniert ausgezeichnet.

2. Es sei ein Prisma längs seiner Führung durch ein Schraubenpaar zu bewegen, welches thunlichst in das Prismenpaar, häufig etwas unter die Mittellinie desselben, gelegt ist.

In Fig 520 stellt P_1 das an P_2 gerade geführte Stück, P_1 P_2 somit ein Prismenpaar vor. In P_1 ist die Mutter *m* eingesetzt, die

---

*) Die drei Elementenpaare Prismen-, Schrauben- und Drehpaar bilden zusammen eine dreigliedrige, einfache kinematische Kette.

Schraube S liegt drehbar in P_2. Wird an das vierkantige Ende von S ein Handrad, eine Kurbel oder dergl. gesteckt und S gedreht, so ist die Mutter m und dadurch P_1 gezwungen, eine geradlinige Bewegung auszuführen.

Die Anordnung der Fig. 520 lässt sich mannigfach abändern. Es kann z. B. die Schraube S links mit einem eingedrehten Halse versehen und nach rechts freitragend ausgeführt sein; oder man kann die Mutter mit dem Stücke P_2 verbinden und die Schraube in entsprechend ausgestaltete Fortsätze von P_1 lagern u. s. w.

Natürlich können auch mehrere Geradführungen und Schraubenpaare übereinander angeordnet sein. Man kann eine Platte P_1 an P_2 von rechts nach links, P_2 an P_3 von vorne nach rückwärts verschiebbar anordnen, und wird mit der obersten Platte das Werkzeug verbunden, so kann dieses nach zwei aufeinander senkrechten Richtungen die Schaltbewegung empfangen, eine

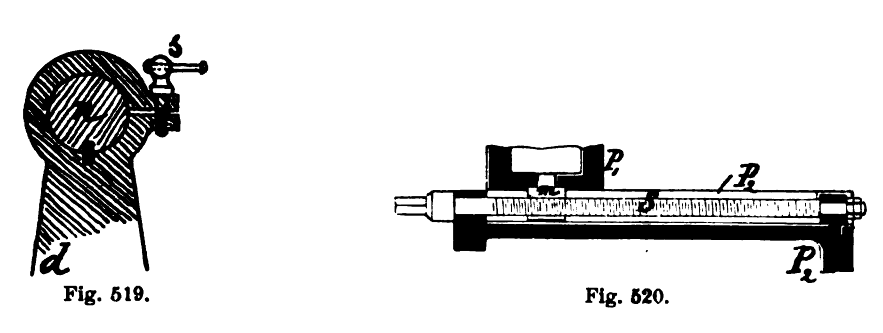


Fig. 519. Fig. 520.

Anordnung, wie sie bei den Supporten der Drehbänke und Hobelmaschinen gewöhnlich ist, daher solche Führungen auch den Namen Supportführungen tragen.

3. Ein Maschinentheil, z. B. die Bohrspindel, erhalte rotierende Bewegung und zudem nach Bedarf entweder eine langsam fortschreitende Bewegung in der Richtung der Rotationsachse, oder eine rasche Einstellbewegung in der gleichen Richtung. Die fortschreitende Bewegung muss daher von der Drehbewegung völlig unabhängig sein.

Die Fig. 521 bis 524 zeigen verschiedene Lösungen dieser Aufgabe. Die Bohrspindel ist in sämmtlichen vier Figuren mit w bezeichnet. Sie erhält die rotierende Bewegung indirect dadurch, dass das über w geschobene Rohr R durch Kegelräder, deren eines K auf R aufgekeilt ist, angetrieben wird. Das Rohr R ist durch Keil und Nuth mit w so verbunden, dass beide nur gemeinsam rotieren können, hingegen w in R sich verschieben

lässt. Die rotierende Bewegung der Bohrspindel w geht somit vom Rohre R aus.

Die von der Rotation völlig unabhängige Längsbewegung der Bohrspindel wird in sehr verschiedener Weise erzielt.

In Fig. 521 ist mit dem Ende der Bohrspindel durch die Schraube s eine Hülse h verbunden, welche den Kopf der Schraube S

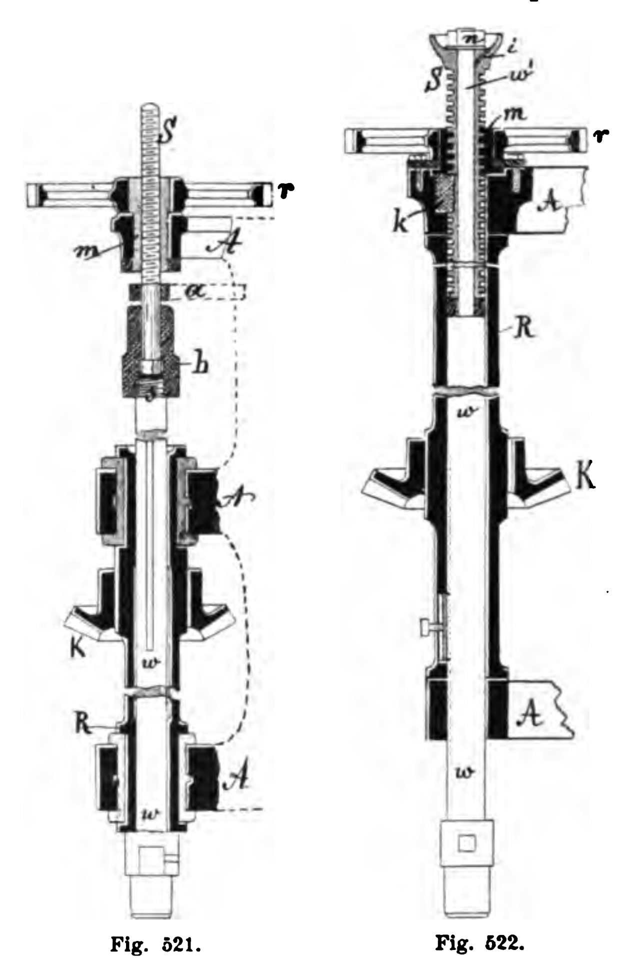


Fig. 521. Fig. 522.

umgreift, einen eingedrehten Hals oder ein Drehpaar bildend. Die Schraube S ist von dem Arme a umfasst, dessen Ende am Ständer Führung findet, hierdurch ist S an der Drehung verhindert. Das Rad r ist in fester Verbindung mit der Schraubenmutter m, wird r gedreht, so dreht sich m am Orte, zwingt dadurch die Schraube S, welche verhindert ist sich zu drehen, zur Längsbewegung, welche

wieder durch die Hülse *h* auf *w* übertragen wird. Je nach der Drehungsrichtung von *r* sinkt oder steigt *w*. *m* und *r* drehen sich am Orte.

Die Anordnung Fig. 522 zeigt die Bohrspindel abgesetzt, aus dem stärkeren Theile *w* und dem schwächeren *w'* bestehend. Ueber *w'* ist ein Rohr geschoben, auf welches ein Schraubengewinde *S* geschnitten ist. Auch diese Schraube *S* ist an der Dre-

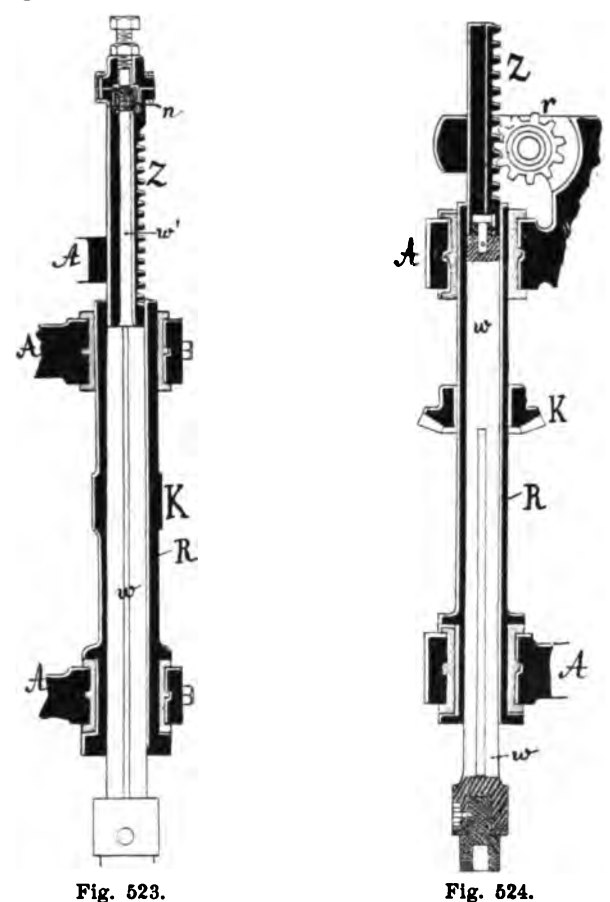


Fig. 523. Fig. 524.

hung gehindert durch eine Längsnuth und den in *A* festgestellten Gleitkeil *k*. Ihre Mutter *m* findet *S* im Rade *r* und wird dieses gedreht, so wird *S* zur Längsbewegung gezwungen, welche auf *w* übertragen wird. Auch hier drehen sich *m* und *r* am Orte.

Bei den Constructionen Fig. 523 und 524 ist die Bohrwelle, statt mit einer Schraube, mit einer Zahnstange *Z* verbunden. Wie früher die Schraube *S* nur Längsbewegung machen konnte, so kann auch die Zahnstange *Z* nur in der Richtung ihrer Länge sich ver-

schieben, weil ihr Rücken im Ständer entsprechende Führung besitzt.

Die Zahnstange *Z* muss aber auf Drehung mit der Bohrwelle *w* verbunden sein. Wie dieser Bedingung entsprochen ist, geht wohl sofort aus den Figuren hervor. Für die Montierung und Demontierung ist die Anordnung Fig. 523 jedenfalls die bequemere, und auch hierauf soll der Constructeur bedacht sein.

Es ist vielleicht noch zu bemerken, dass die Bohrwelle verhindert sein muss, aus dem Rohre *R* nach abwärts zu gleiten. Dieses Tragen der Bohrwelle besorgt in Fig. 521 die Hülse *h*, in Fig. 522 und 523 die Mutter *n* und in Fig. 524 ein unter den Bolzenkopf gesetzter, mit dem Zahnstangenkörper verbundener Ring.

Sämmtliche vier Anordnungen finden sich bei verticalen Metallbohrmaschinen in Verwendung. Es finden sich ausserdem mannigfache Varianten, so z. B. kann die Bohrwelle durch einen Ring umgriffen und durch Gegengewichte getragen sein, oder man gibt der Bohrwelle eine Belastung, z. B. durch Hebel und Gewicht, so dass die Bohrspandicke zum Theile von dieser Belastung abhängig wird. Der Antrieb der Bohrwelle, beziehungsweise des Rohres *R* kann durch Schnurtrieb erfolgen u. s. w.

In den vorstehenden Beispielen von Geradführungen, Drehpaaren, Schraubenpaaren und ihren Verbindungen ist gleichsam das constructive *abc* der Werkzeugmaschinen gegeben. Der Hörer des Maschinenbaues soll sich nicht darauf beschränken, das hier Gegebene zu verstehen, sondern er soll einige der gegebenen Beispiele aus dem Gedächtnisse zeichnen können, so zwar, dass die Theile nicht nur herstellbar sind, sondern auch miteinander in die gewünschte Verbindung gebracht werden können.

Wir schreiten nach einem kurzen Hinweis auf einschlägige Werke zur Einzelbesprechung der wichtigsten in diesen Abschnitt fallenden Arbeitsverfahren.

J. Hart, Die Werkzeugmaschinen für den Maschinenbau zur Metall- und Holzbearbeitung. München, Friedrich Bassermann 2. Aufl. 1879. Dieses Werk kann wegen seiner mustergiltig durchgeführten Tafeln, welche bis in die Einzelheiten cotiert sind, als trefflicher Führer des angehenden Constructeurs bezeichnet werden.

Kreutzberger et Ch. Monin, Les Machines-Outils à l'exposition universelle de 1889. Paris 1893, E. Bernard et Cie.

Gustave Richard, Traité des Machines-Outils. Paris 1896, Baudry et Cie. Dieses zweibändige grosse Werk enthält auch die Besprechung vieler Specialmaschinen neuester Anordnung. Mit 2832 Textfiguren.

Dr. E. Hartig, Versuche über Leistung und Arbeits-Verbrauch der Werkzeugmaschinen. Leipzig 1873, B. G. Teubner.

Pechan, Leitfaden des Maschinenbaues. 3. Band. 2. Auflage. Werkzeugmaschinen und Transmissionen. Wien 1898, Deuticke.

Von demselben Verfasser sind auch zwei Berichte über Werkzeugmaschinen auf der Weltausstellung in Paris 1878 (Wien 1879) und Chicago 1893 (Wien 1894) erschienen.

Weiss, Heinrich, Die Werkzeugmaschinen zur Metallbearbeitung. Wien 1897, Hartleben. Diese Schrift gibt einen Ueberblick über die Werkzeugmaschinen einschliesslich der wichtigeren Specialmaschinen.

Usher, Moderne Arbeitsmethoden im Maschinenbau. Deutsch von Ingenieur Elfes. Berlin 1896, Springer.

Andere Werke specielleren Inhaltes werden später angegeben.

I. Drehen.

Die geometrischen Beziehungen des Werkzeugweges zur Gestalt des herzustellenden Arbeitsstückes haben wir bereits S. 446 besprochen; in der Folge haben wir uns mit den speciell beim Drehen verwendeten Werkzeugen, der Art der Verbindung des Arbeitsstückes mit der Drehbankspindel, den verschiedenen Formen der Drehbänke*) und ihren besonderen Einrichtungen für die Herstellung von Schrauben, ferner elliptischer und unrunder Arbeitsstücke zu beschäftigen.

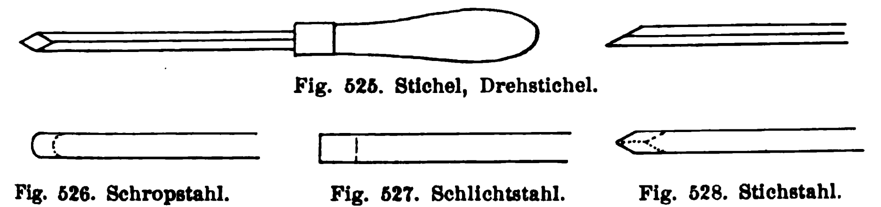


Fig. 525. Stichel, Drehstichel.

Fig. 526. Schropstahl. Fig. 527. Schlichtstahl. Fig. 528. Stichstahl.

Als Drehwerkzeuge, welche aus freier Hand (gestützt auf die sogenannte Auflage) zur Anwendung kommen, sind die in den Fig. 525 bis 534 dargestellten hervorzuheben. Der Stichel, Fig. 525, der Schrop-, Schlicht- und Spitzstahl, Fig. 526, 527 und 528, dienen zum Abdrehen von Arbeitsstücken aus Metall an der Mantelfläche.

Die Hakenstähle, welche Schrop-, Schlicht- und Spitzhaken, Fig. 529 bis 531, sein können, sowie der Mondstahl, Fig. 532, werden zum Ausdrehen hohler Arbeitsstücke verwendet, für welchen Zweck

*) Th. Pregel: Drehbänke, sowie Maschinen zum Drehen, Bohren und Gewindeschneiden. Stuttgart 1898. Dieses Buch ist grossentheils eine geordnete Wiedergabe der Berichte Pregel's in Dingler's polytechn. Journal aus den letzten zehn Jahren und behandelt überhaupt nur neuere Constructionen.

auch der sogenannte Ausdrehstahl benützt wird. Bei diesem sind zwei gegeneinander senkrecht liegende Schneiden angeschliffen, die eine senkrecht zur Längenrichtung des Werkzeuges, die andere parallel hierzu.

Fig. 533 stellt einen Drehhaken vor, dessen geriefte Unterfläche die feste Stützung an der Auflage erleichtert, während der lange Stiel zur Auflage auf die rechte Schulter des Arbeiters bestimmt ist.

Fig. 534 stellt die „Röhre" vor, ein zum Schropen des Holzes

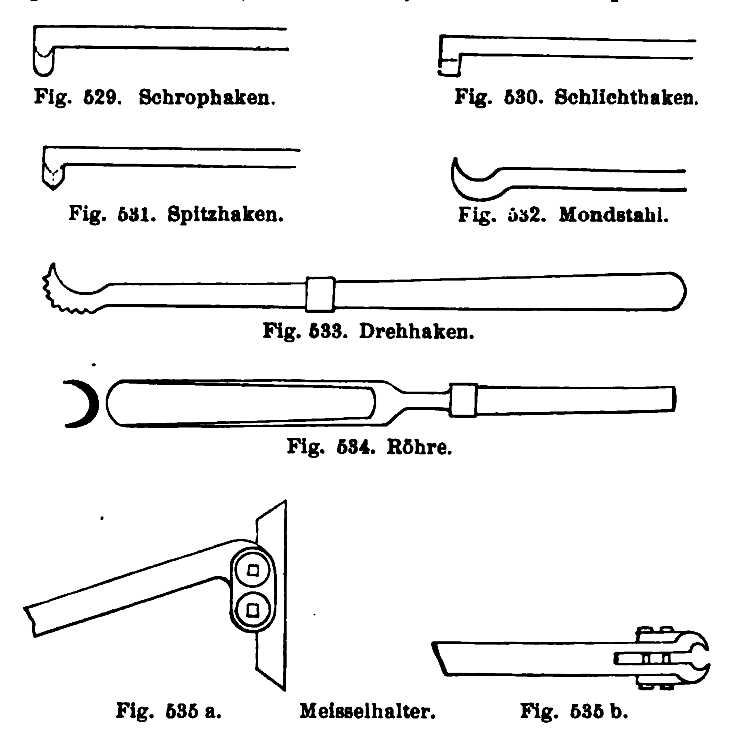


Fig. 529. Schrophaken. Fig. 530. Schlichthaken.

Fig. 531. Spitzhaken. Fig. 532. Mondstahl.

Fig. 533. Drehhaken.

Fig. 534. Röhre.

Fig. 535 a. Meisselhalter. Fig. 535 b.

bestimmtes Drehwerkzeug des Holzdrehers. Den zum Schlichten bestimmten Drehmeissel besprachen wir S. 441.

Fig. 535 ist ein Werkzeughalter, welcher in den Support eingespannt wird, daher nur bei maschinellem Drehen in Verwendung tritt.

Die Verbindung des Werkstückes mit der Drehbankspindel bezweckt die Uebertragung der rotierenden Bewegung auf das Werkstück. Bei langen Arbeitsstücken erfolgt das Abdrehen zwischen der Spitze der Drehbankspindel und der Spitze des Reitstockes. Das Werkstück wird zu diesem Zwecke an beiden Endflächen mit

konischen Grübchen versehen, in welche die konischen Spitzen von Spindel und Reitnagel eingerückt werden.

Das Mitnehmen erfolgt durch Mitnehmer und Drehherz, ersterer ist mit der Spindel, letzteres mit dem Werkstück verbunden. Die konischen Grübchen werden centrisch durch den Körner, Fig. 536, aus freier Hand in die Endflächen eingeschlagen oder man bedient sich hierzu des Ankörnfutters, einer Vorrichtung, welche aus einem mit der Spitze nach oben gerichteten Stahlkegel und aus drei oder vier gleichzeitig bewegten Backen besteht. Die Backen centrieren das vertical in das Futter gestellte, bereits cylindrische Werkstück. Durch einen Schlag auf das Werkstück wird der Körner zur Wirkung gebracht. Bei grösseren Arbeitsstücken wird das Körnergrübchen durch einen Versenker (s. u. bei Fräsen) erweitert und vertieft. Der Mitnehmer ist ein mit der Drehbankspindel geeignet verbundener, zu ihr parallel gerichteter Zapfen; oft hat der Mitnehmer die Form eines Hakens ⌈ und ist der verticale Schenkel in ein Loch der Spindel gesteckt. Das Drehherz oder Herz ist eine Klemme verschiedener Gestalt, eine der gebräuchlichen Formen zeigt Fig. 537.

Fig. 536. Körner.

Fig. 537. m Mitnehmer, H Herz.

Ist das Arbeitsstück sehr lang, so kann der Druck des Werkzeuges eine Durchbiegung bedingen, durch welche die Genauigkeit der Arbeit, z. B. bei dem Abdrehen langer Wellen, leiden würde. In solchen Fällen gibt man dem Arbeitsstück möglichst in der Nähe des Werkzeuges eine Stütze durch ein Hilfslager — Lünette — welches am besten mit dem Träger des Werkzeuges, dem Support, verbunden wird.

Kurze Arbeitsstücke oder solche von mehr scheibenförmiger Form werden durch Zuhilfenahme der sogenannten Futter, zu welchen auch die Planscheiben gehören, mit der Drehbankspindel verbunden. Einige der gebräuchlichsten Formen sind in den Fig. 538 bis 547 dargestellt.

Fig. 538 stellt ein Kittfutter dar. Das scheibenförmige Ende besitzt mehrere concentrische Furchen, damit der Schmelzkitt besser hafte. Arbeitsstück und Kittfutter werden so weit erwärmt, dass eine dagegen gedrückte Siegellackstange zu schmelzen beginnt. Man streicht die Vorderfläche des Kittfutters mit Siegellack (Schmelzkitt) an, drückt das erwärmte Arbeitsstück auf und lässt erkalten. Die so erzielte Verbindung hält kräftig genug, um mässige Späne nehmen zu können.

Fig. 539 ist ein Zangenfutter für kleine Arbeitsstücke.

Fig. 540 ist ein Schraubenfutter. Die radialen Klemmschrauben werden derart gegen das in das Futter gesteckte Arbeitsstück geschraubt (angezogen), dass dasselbe centrisch zur Achse

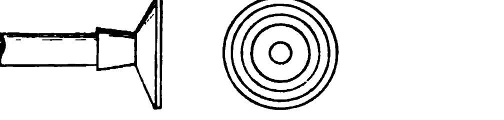


Fig. 538. Kittfutter.

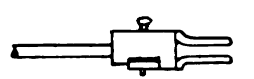


Fig. 539. Zangenfutter.

des Futters, beziehungsweise der Drehbankspindel, auf welche das Futter aufgeschraubt wird, zu stehen kommt. Dieses Centrieren verlangt Uebung und Zeit.

Das Klemmfutter, Fig. 541, besitzt, wie der nach der punktierten Linie geführte Normalschnitt andeutet, zwei aufeinander

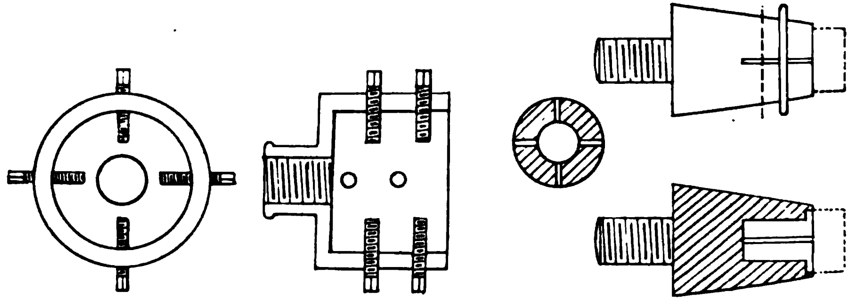


Fig. 540. Schraubenfutter. Fig. 541. Klemmfutter.

senkrechte, ziemlich tiefe Schlitze. Hierdurch lässt sich das Futter mittelst eines aufgetriebenen Ringes zusammenziehen. Steckt man vorher in das vordere ausgedrehte Ende des Klemmfutters das Arbeitsstück, welches beiläufig einpassen muss, so kann dasselbe durch den Ring festgeklemmt werden.

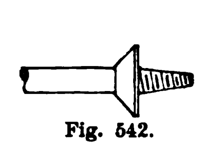


Fig. 542.

Die Klemmfutter sind insbesondere bei den Holzdrechslern in Verwendung und in vielen Grössen vorräthig. Meist sind sie ganz aus Holz hergestellt, nur der Klemmring ist aus Eisen. Vom Holzdrechsler wird auch das in Fig. 542 dargestellte Schraubenfutter und der Dreispitz, Fig. 543, angewendet. Die konische Schraube des ersteren wird in ein Loch des Werkstückes eingeschraubt, der Dreispitz hingegen so verwendet, dass man das Arbeitsstück mit seiner ebenen Endfläche auf ihn auftreibt. Die

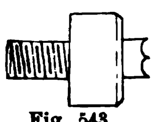


Fig. 543.

Spitzen des Dreispitzes sind in der Regel etwas länger als dies die Fig. 543 zeigt, zuweilen fehlen sie aber auch ganz und ist statt des Dreispitzes ein kurzes keilförmiges Stahlstückchen mit scharfer Schneide im Futter befestigt.

Die Fig. 544 bis 546 zeigen drei verschiedene Constructionen sogenannter Universalfutter, welche bei dem Fassen eines cylindrischen Arbeitsstückes dasselbe zugleich genau centrieren.

Das Futter, Fig. 544, besitzt drei Klemmbacken, welche in radialen Schlitzen der vorderen Platte (in der Figur oben) genau geführt sind. Diese Backen besitzen gegen einwärts Zähne, welche in die spiralförmigen Nuthen des drehbaren Ringes oder der Scheibe S eingreifen. Die Drehung der Scheibe S erfolgt durch das Kegelrad r, welches in den verzahnten Kranz von S eingreift, wenn r durch einen eingesteckten Schlüssel bethätigt wird. Die spiralige Nuth ist nach dem Gesetze der Spirale des Archimedes

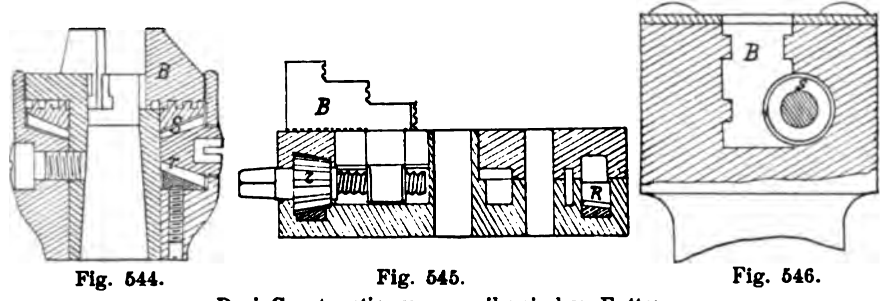


Fig. 544. Fig. 545. Fig. 546.
Drei Constructionen amerikanischer Futter.

(der Radiusvector wächst proportional mit dem Polarwinkel) sehr genau in S eingeschnitten und die Zähne der Backen passen ebenso genau in diese Nuth. Das Futter ist konisch ausgedreht und wird auf einen mit der Drehbankspindel verbundenen Zapfen gleicher Conicität aufgedrückt; durch Reibung sitzt es auf der Spindel fest.

Das Futter, Fig. 545, besitzt ebenfalls drei radial geführte Backen. Jeder dieser Backen trägt nach unten (beziehungsweise rückwärts) einen Ansatz mit einem Muttergewinde, in welches eine Schraube eingreift. Wird an einen der Schraubenköpfe ein Schlüssel gesteckt und bethätigt, so wird nicht nur diese Schraube gedreht, sondern mit Hilfe des kleinen an der Schraube sitzenden Kegelrades r auch der verzahnte Ring R, welcher in die kleinen Kegelräder der beiden Schrauben der anderen Backen eingreift, auch diese dreht, und zwar so, dass alle drei Backen gleichmässig der Achse des Futters sich nähern oder von ihr sich entfernen. Die Backen B sind abgestuft, um verschieden grosse Arbeits-

stücke bei verhältnissmässig geringer Verschiebung der Backen fassen zu können.

Das Futter, Fig. 546, besitzt nur zwei Backen. Die Schraubenspindel S besitzt ein rechtes und ein linkes Gewinde gleicher Ganghöhe, die beiden Backen die zugehörigen, nur segmentförmig ausgebildeten Muttern. Dreht man S, so greift das rechte Gewinde in den einen, das linke in den zweiten Backen ein, dieselben bewegen sich daher entgegengesetzt, d. h. sie nähern sich einander, oder sie entfernen sich voneinander. Die Backenklemmflächen sind im rechten Winkel ausgestaltet (< >) und zudem so eingeschnitten, dass ihre Zinken wie die Finger der Hände ineinander greifen können und daher auch das Fassen sehr kleiner Stücke (Bohrer) ermöglichen. Derlei Futter werden auch *Bohrfutter* genannt.

Für grosse scheibenförmige Arbeitsstücke, z. B. Riemenscheiben, Schwungräder u. dgl. setzt man auf die Drehbankspindel sogenannte Planscheiben auf, welche als Futter functionieren. In Fig. 555 ist ein Spindelstock gezeichnet, welcher eine kleine Planscheibe trägt, deren Einrichtung aus dieser Figur genügend ersichtlich ist.

Die grossen Planscheiben sind gewöhnlich nur mit zahlreichen radialen und concentrischen Schlitzen versehen, durch welche man Befestigungsschrauben stecken kann, mit deren Hilfe und in Verbindung mit mannigfach geformten klammerartigen Stücken die Befestigung des Arbeitsstückes an der Planscheibe erfolgt.

Bei den *Drehbänken* sind es besonders zwei Abmessungen, welche in wichtigster Beziehung zu den Massen des Werkstückes stehen, die *Spitzenhöhe*, d. i. der Abstand der Drehbankspindel von dem Prisma oder den Wangen, welche dem *grössten Halbmesser* des Werkstückes entspricht, und die *Spitzenweite*, d. i. die grösste Entfernung, in welche die Reitstockspitze von der Spindelstockspitze gebracht werden kann, entsprechend der maximalen *Länge* des Arbeitsstückes.

Die meisten Drehbänke besitzen als Haupttheile, vom Antriebe der Spindel abgesehen, den *Spindelstock*, die *Auflage* oder den *Support* und den *Reitstock*. Bei Drehbänken, welche ausschliesslich zur Bearbeitung kurzer oder scheibenförmiger Arbeitsstücke Anwendung finden (Revolver-Drehbänke, Plandrehbänke), fehlt der Reitstock.

Zu den kleinsten Dreharbeiten werden die *Drehstühle* verwendet. Fig. 547 zeigt den sogenannten *Stiften-Drehstuhl*. In die beiden Docken D_1 D_2 sind Stifte i i' geschoben, welche auf der

einen Seite in eine konische Spitze, auf der anderen in konische Grübchen enden. Sind jene Seiten der Stifte, welche die Grübchen aufweisen, gegeneinander gekehrt, so kann ein sogenannter Drehstift, Fig. 548, eingespannt werden, über dessen Röllchen die Sehne eines Bohrbogens geschlungen wird, der bei Bethätigung die intermittierende Drehbewegung hervorbringt. Auf den schwach konischen Drehstift wird ein scheibchenförmiges, mit centrischem Loche versehenes Arbeitsstück *A* aufgepresst und abgedreht. Während

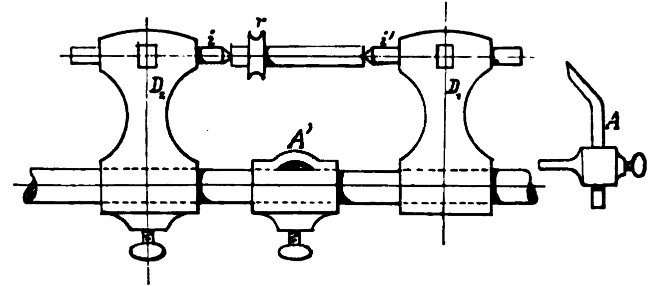


Fig. 547. Stiftendrehstuhl, *A* Auflage in *A'* einzuschieben.

die eine Hand des Arbeiters den Bohrbogen bethätigt, stützt die zweite Hand das Werkzeug gegen die Auflage und bringt es zur Wirkung. Häufig wird der Drehstuhl so benützt, dass die rechte Hand den Fiedelbogen, die linke das Werkzeug regiert.

Ist das Arbeitsstück ein Draht, so körnt man seine Enden centrisch an und zwängt ein gebohrtes Röllchen, Drehrolle, auf,

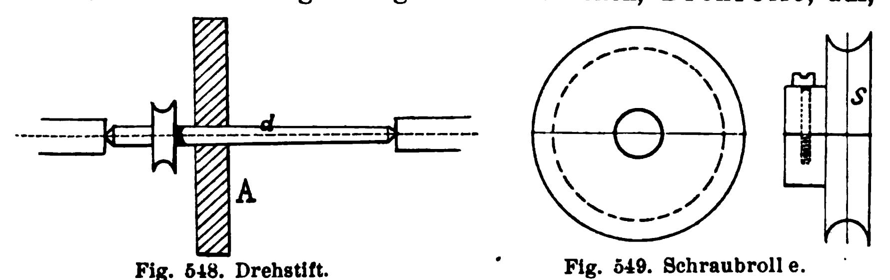


Fig. 548. Drehstift. Fig. 549. Schraubrolle.

welches dann vom Bohrbogen bethätigt wird. Statt der einfachen Drehrolle, Fig. 547, bedient man sich auch zweitheiliger, durch kleine Schräubchen verbundener Rollen — Schraubrollen. Fig. 549. Statt der gewöhnlichen Drehstifte werden auch sogenannte linke Drehstifte, Fig. 550, zum Abdrehen scheibchenförmiger, gebohrter Stücke verwendet, in deren Bohrung der kleine Kegel des linken Drehstiftes eingepresst wird, welcher zugleich festklemmend und centrierend wirkt. Die Schraube muss dann ein linkes Gewinde besitzen, wenn das Röllchen zur rechten Seite gestellt ist.

Die sinnreiche Vorrichtung zum Festklemmen der Stifte *i* des Drehstuhles in jeder ihnen gegebenen Stellung ist durch Fig. 551 im Schnitte dargestellt; diese Klemme findet auch zur Befestigung der Stossbohrer bei Steinbohrmaschinen (Percussionsmaschinen) Anwendung. Wie Fig. 551 zeigt, ist in einer prismatischen Durchbrechung der Docke (vgl. Fig. 547) ein passendes

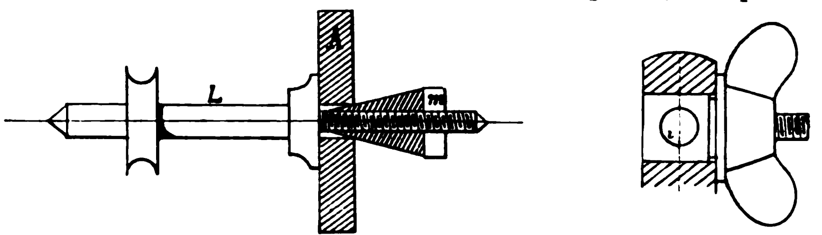


Fig. 550. Linker Drehstift. Fig. 551. Stiftenklemme.

Stück eingesetzt, welches ebenso wie die Docke eine zum Stifte gut passende Bohrung besitzt. Dieses Einsatzklötzchen besitzt daran fest eine Schraube, welche, von der Flügelmutter angezogen, das Klötzchen senkrecht zur Längenrichtung des Stiftes zu bewegen sucht und hierdurch den Stift feststellt.

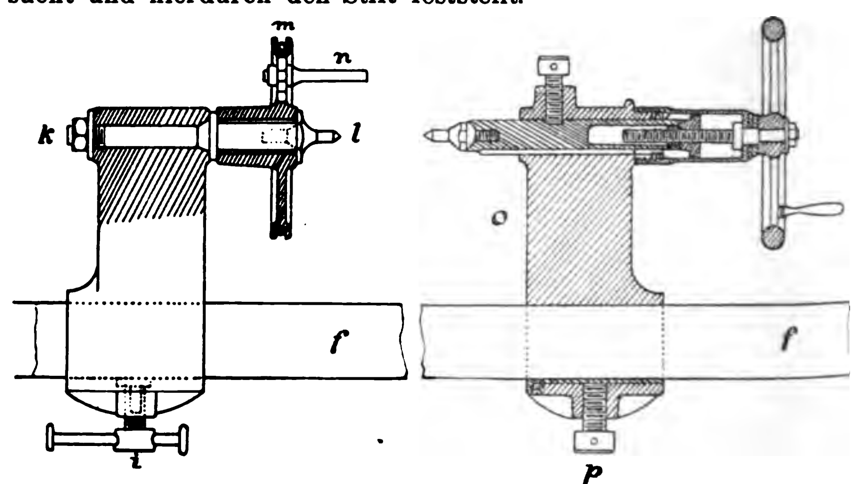


Fig. 552. Prismadrehbank.

Ausser den Stiftendrehstühlen verwandte man in der Uhrmacherei **Dockendrehstühle**. Bei denselben wird eine kurze Spindel einerseits im Körner des Stiftes, andererseits in einem konischen, in der Spitzenhöhe liegenden Loche einer Docke (Mitteldocke) gelagert. In die Spindel werden zur Bearbeitung kurzer Stücke nach Bedarf Futter eingeschoben, wie wir solche in Fig. 538, 539 und 542 kennen lernten und erfolgt der Antrieb auf eine an der Spindel angebrachten Rolle vom Fiedelbogen aus.

Die Aehnlichkeit des Drehstuhles mit der Prismadrehbank erhellt aus Fig. 552, welche den Spindelstock und Reitstock darstellt; doch erfolgt hier der Antrieb stetig von einem Tritte aus. Auf dem festgestellten Bolzen *kl* ist die Schnurscheibe *m* mit Mitnehmer *n* frei drehbar. Die Spindel ist mithin festgestellt, der Körner *l* desgleichen, und da von dem Körner des Reitstockes dasselbe gilt, so wird das Werkstück durch Mitnehmer und Herz zwischen ruhenden Spitzen, sogenannten todten Spitzen, in Umdrehung gesetzt; die Dreharbeit ist somit von Ungenauigkeiten in der Lagerung der Drehbankspindel unabhängig. *f* ist das Prisma, auf welches Spindelstock und Reitstock aufgesetzt sind.

Die Fig. 553 und 554 zeigen den Verticalschnitt durch den Spindelstock und Reitstock einer Wangendrehbank, bei welcher der Antrieb von einem Deckenvorgelege mit vierstufiger Riemen-

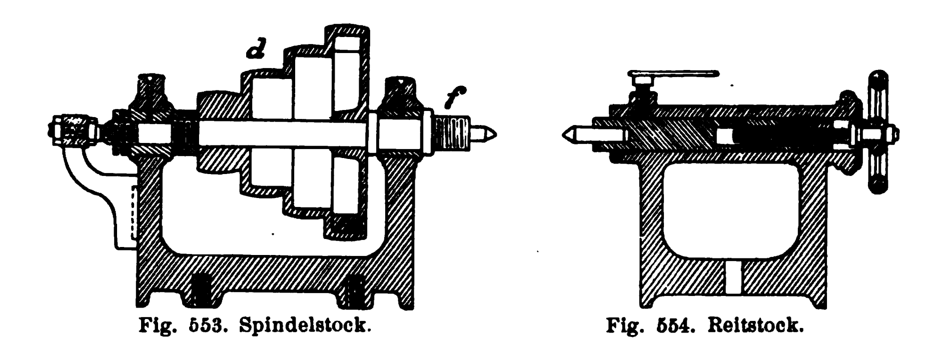


Fig. 553. Spindelstock. Fig. 554. Reitstock.

scheibe erfolgt, deren Abstufungen entgegengesetzt zu jenen der Stufenscheibe *d* des Spindelstockes angeordnet sind, weil ein Riemen mit annähernd gleicher Spannung die Bewegungsübertragung von jeder Stufe des Deckenvorgeleges auf die zugehörige Stufe an der Drehbankspindel muss vermitteln können. Die Spindel *f* kann somit je nach Bedarf vier verschiedene Geschwindigkeiten erhalten.

Der Spindelstock einer grösseren Wangendrehbank ist in Fig. 555 und 556 im Vertical- und Horizontalschnitte dargestellt und unterscheidet sich insbesondere dadurch wesentlich von dem früheren, dass die Drehbankspindel mit zehn verschiedenen Geschwindigkeiten angetrieben werden kann. Zu diesem Zwecke hat der Stufenconus fünf Stufen und kann entweder direct mit der Drehbankspindel in Verbindung gesetzt werden, oder indirect durch Vermittlung des Rädervorgeleges *fg*, welches eine Uebersetzung ins Langsame bewirkt.

Soll der Stufenconus *d*, welcher frei drehbar, lose, auf der Drehspindel sitzt, direct mit derselben verbunden werden, so wird das Rad *h* durch einen Mitnehmbolzen, welcher im Verticalschnitte gezeichnet ist, gekuppelt. Um dies bequem und rasch thun zu können, lässt sich dieser Bolzen in einem radialen Schlitze des Rades *h* verschieben und in jedem Punkte feststellen. In der

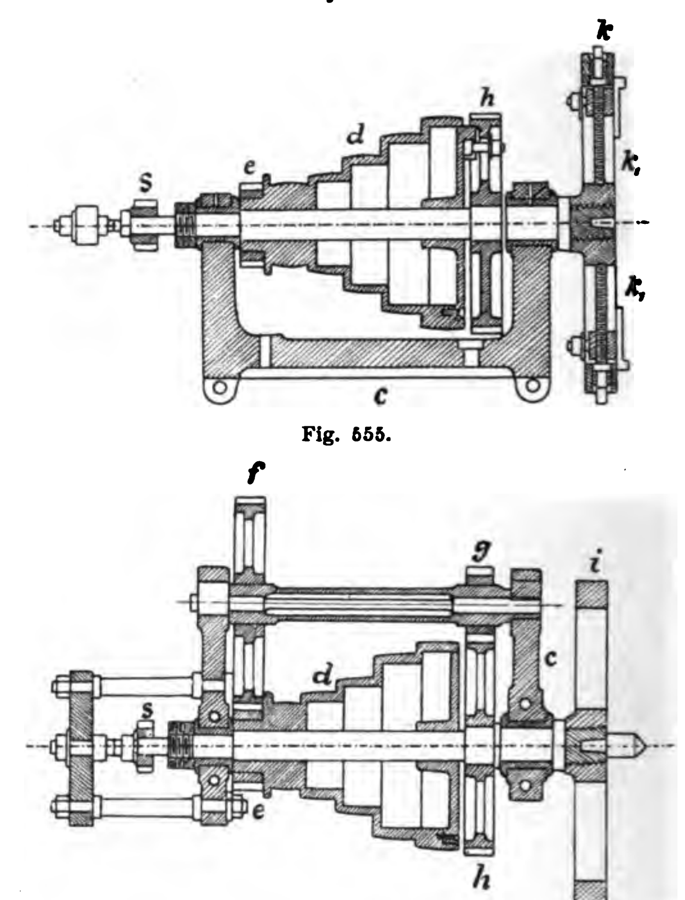


Fig. 555.

Fig. 556. Spindelstock mit Vorgelege. (Vertical- und Horizontalschnitt.)

Stufenscheibe ist eine Gabel (∏) eingegossen. Wird der Bolzen in diese Gabel eingerückt und sodann festgestellt, so ist *d* mit *h* gekuppelt und die Bewegung geht von *d* auf *h* und da dieses Rad auf der Spindel festgekeilt ist, auch auf diese über. Natürlich ist hierbei das Räderpaar *fg* ausser Eingriff mit *e* und *h*.

Die Aus- oder Einrückung des Rädervorgeleges erfolgt bei der in Fig. 556 gezeichneten Anordnung durch Drehung der ex-

centrischen Vorgelegswelle $f\ g$. Häufig findet sich auch eine Anordnung, bei welcher die Welle $f\ g$ sammt den Rädern fg in der Längenrichtung verschoben werden kann. Ist das Rädervorgelege eingerückt, so muss die Verbindung von d und h durch den Mitnehmer ausgelöst sein. Die Bewegung der Drehbankspindel erfolgt dann vom Stufenconus d durch das Rad e, welches mit ihm fest verbunden ist, auf Rad f und von g auf h und die Spindel. Es ist also eine doppelte Uebersetzung ins Langsame vorhanden und kann die Drehbankspindel je nachdem eine der fünf Stufen in Verwendung steht, durch Vermittlung des Vorgeleges fünf verschiedene geringe Geschwindigkeiten erhalten.

Es entsteht nun die Frage, welchen Zweck will man mit diesen verschiedenen Geschwindigkeiten erreichen, wie sollen dieselben abgestuft sein?

Man strebt zunächst eine annähernd gleiche Schnittgeschwindigkeit an, dieselbe soll für schmiedbares Eisen zwischen 80 und 125 *mm* pro Secunde liegen (vgl. S. 443). Diese Geschwindigkeit v ist beeinflusst von der minutlichen Tourenzahl $n_{,}$ der Drehbankspindel und dem variablen Abstande r des Werkzeuges von der Rotationsachse. $v = 2\pi r \frac{n_{,}}{60} = \frac{\pi}{30} r n_{,}$. Messen wir v in Millimeter, so muss auch r in Millimetern ausgedrückt sein. Soll nun v zwischen engen Grenzen gehalten, also näherungsweise konstant sein, so folgt, dass das Product aus Abstand des Werkzeuges mal Spindeltourenzahl annähernd constant sein soll. $r n_{,} \doteq$ Const. Je grösser der Abstand des Werkzeuges von der Rotationsachse ist, desto geringer muss die Umdrehungszahl der Spindel sein.

Wird das Deckenvorgelege constant mit a Touren angetrieben und sind die Durchmesser der Stufenscheibe desselben $D_1 > D_2 > D_3 > D_4 > D_5$, so ist die Stufenscheibe an der Spindel entgegengesetzt angeordnet (des Riemens wegen, s. oben), ihre Durchmesser sind D_5, D_4, D_3, D_2, D_1, und je nach dem Auflegen des Riemens erhält man fünf Werthe für $n_{,}$, nämlich $a\frac{D_1}{D_5}$, $a\frac{D_2}{D_4}$, $a\frac{D_3}{D_3}$, $a\frac{D_4}{D_2}$, $a\frac{D_5}{D_1}$. Schaltet man hingegen das Rädervorgelege ein und ist die durch dasselbe bedingte Uebersetzung ins Langsame durch $\frac{1}{b}$ ausgedrückt, so erhält man weitere fünf Werthe für $n_{,,}$, welche aus den obigen sofort folgen, wenn für a der Coëfficient $\frac{a}{b}$ eingesetzt wird. Die grösste

erreichbare Tourenzahl wird $a\frac{D_1}{D_5}$ sein, die kleinste $\frac{a D_5}{b D_1}$.

Für eine **bestimmte** Tourenzahl n ist $v = \frac{2\pi n}{60} r$ und ist diese Gleichung, in welcher v und r variabel, $\frac{2\pi n}{60}$ constant sind, die Gleichung einer durch den Ursprung eines Coordinatensystems gehenden Geraden. Diese gerade Linie stellt somit das Geschwindigkeitsdiagramm*) für die bestimmte Tourenzahl n vor, die Abscissen sind die variablen Abstände des Werkzeuges von der Drehungsachse (r), die Ordinaten die zugehörigen Geschwindigkeiten (v). Der Neigungswinkel dieser Geraden zur Abscissenachse ist bestimmt durch $tg\,\varphi = \frac{2\pi n}{60}$.

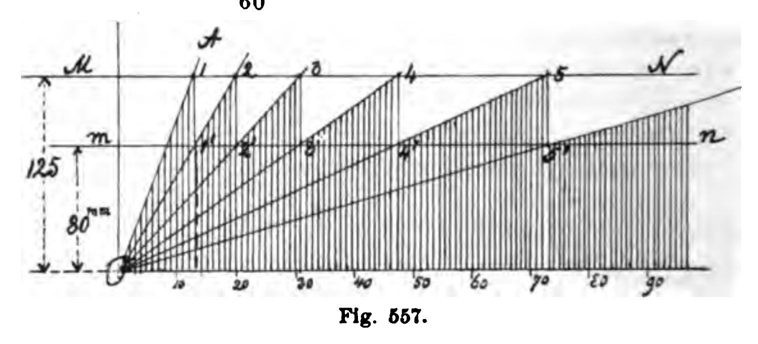


Fig. 557.

Für verschiedene Umdrehungszahlen (n), also verschiedene Werthe von $\frac{2\pi n}{60}$, wird man verschiedene Strahlen erhalten, wie solche in Fig. 558 gezogen sind.

Wünscht man, dass sich die Schnittgeschwindigkeit thunlichst zwischen bestimmten Werthen, z. B. 80 und 125 *mm* bewege, so kann man zwei zur Abscissenachse parallele Gerade MN und mn ziehen, welche diesen Geschwindigkeiten entsprechen und die Wahl der Tourenzahl, beziehungsweise die Lage der Geschwindigkeitsdiagramme in folgender Weise bestimmen.

Die grösste erreichbare Tourenzahl n_1 sei durch die Gerade OA für $tg\,\varphi = \frac{2\pi n_1}{60}$ ausgedrückt, welche MN im Punkte 1 schneidet. Zieht man durch Punkt 1 eine Senkrechte, so schneidet sie

*) Diese Betrachtungen hat Prof. Jos. Pechan zuerst in der Zeitschrift des Oesterr. Ingen.- u. Archit.-Vereines 1877, später in seinem „Leitfaden des Maschinenbaues", III. Band, (Wien, F. Deuticke) im Abschnitte „Geschwindigkeitsdiagramme der Werkzeugmaschinen" veröffentlicht.

die Gerade mn in dem Punkte 1'. Der Strahl $O1'$ entspreche jener Geschwindigkeitsreihe, welche durch die nächste erreichbare Tourenzahl n_2 ausgedrückt wird, d. i. jenen Schnittgeschwindigkeiten, welche bei Auflage des Riemens auf der zweiten Stufe erhältlich sind. Dieser Strahl schneide MN im Punkte 2, von diesem ausgehend bestimmt sich 2' und somit auch der Strahl $O\,2'3$ wie früher beschrieben und ebenso des weiteren die Strahlen $O\,3'4$, $O\,4'5$, $O\,5'6$ u. s. f., durch welche Strahlen die folgenden Umdrehungszahlen n_3, n_4, n_5 u. s. w. bestimmt sind, weil der Werth von $tg\,\varphi = \frac{2\pi n}{60}$ $\left(\text{also auch } n = \frac{60}{2\pi} tg\,\varphi\right)$ durch die Construction gegeben ist.

Unsere Figur zeigt, dass man vom Radius $r = 10$ bis $r = 110$ bei entsprechender Auflage des Riemens mit einer zwischen 80 und 125 *mm* liegenden Schnittgeschwindigkeit drehen kann.

Dass die Figur 557 weiter nach rechts hätte fortgesetzt werden können, bedarf wohl keiner Begründung.

Pechan's einfache Construction gibt hiermit die Reihe jener Umdrehungszahlen, welche durch entsprechende Abstufung der Stufenscheiben an der Spindel und dem Vorgelege erreicht werden soll.

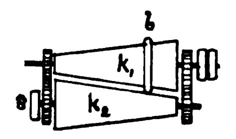


Fig. 558.

Man kann nun diesen graphischen Weg auch dazu benützen, einen vorhandenen Stufenscheibentrieb auf seine Zweckmässigkeit zu prüfen, indem man aus den Werthen von n die Strahlen bestimmt, und nachsieht, wie weit die sich ergebenden Geschwindigkeiten innerhalb der Parallelen MN und mn liegen oder diese Grenzen überschreiten.

Auch durch die günstigste Anordnung der Abstufungen der Stufenscheiben ist es nie möglich, eine constante Schnittgeschwindigkeit beim Plandrehen zu erzielen, aber es gelingt dies durch Anwendung eines Deckenvorgeleges mit zwei Frictionskegeln und einem zwischen denselben laufenden dicken Kautschukbande, welches die Bewegungsübertragung vermittelt.

Die beiden an horizontalen Achsen angebrachten konischen Trommeln k_1 k_2, Fig. 558, befinden sich an der Decke über der Drehbank.

Der Kegel k_1 erhält von der Haupttransmission seine Bewegung. Das über k_1 laufende dicke Kautschukband (Riemen) ist von einer Riemengabel an der Auflaufseite umgriffen und je nach der Stellung dieser Gabel, beziehungsweise der Lage des Kautschukbandes richtet sich das Umsetzungsverhältniss, denn das Band be-

sorgt die Bewegungsübertragung, weil es zwischen beiden Kegeln in gepresstem Zustande sich befindet und daher die Umfangsgeschwindigkeit des treibenden Kegels auf den getriebenen überträgt. Je nach der Lage, dem Orte des Bandes richtet sich das Umsetzungsverhältniss.

Eine stetige Verschiebung des Bandes von rechts nach links wird eine stetige Abnahme der Tourenzahl der Drehbankspindel bedingen und eine stetige Verschiebung von links nach rechts, eine gleichförmige Geschwindigkeitszunahme.

Zum Zwecke der Verschiebung des Bandes kann seine Führung mit einer horizontalen Bewegungsschraube in Verbindung stehen, welche entweder von Hand aus oder durch Selbststeuerung angetrieben wird; es lässt sich jedoch auch die Bandführung (Riemengabel) durch ein Hebelsystem bethätigen, welches seine Bewegung vom Quersupport empfängt, so dass die Grösse des Ab-

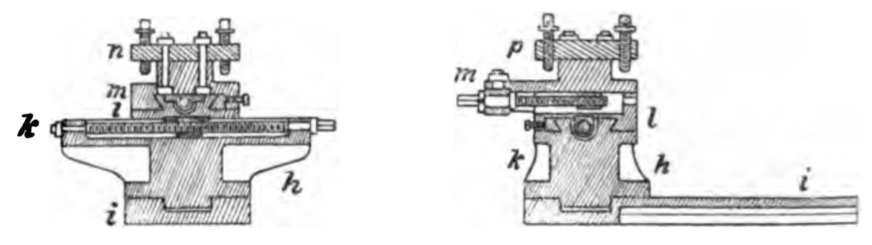


Fig. 559. Fig. 560.
Verticalschnitte eines Supports.

standes des Werkzeuges von der Achse der Drehbankspindel mit der Stellung der Riemengabel in richtige Beziehung gebracht sein kann.*)

Die Fig. 559 und 560 stellen zwei Verticalschnitte durch einen Support dar, wie derselbe zu einer kleinen Drehbank, deren Spindel und Reitstock in den Fig. 553 und 554 behandelt wurden, gehört. Die gleichen Theile sind mit denselben Buchstaben bezeichnet. Aus dem Vergleiche der beiden Figuren ist ohneweiters zu ersehen, dass dieser Support mittelst zweier senkrecht zu einander liegender Bewegungsschrauben Bewegungen parallel und senkrecht zur Drehbankspindel gestattet. Der Theil *h* ist mit *i* drehbar und feststellbar verbunden, wovon für den Fall Gebrauch gemacht wird, wenn die Schraube *k* schief zur Drehbankspindel gestellt werden soll, wie dies für das Konischdrehen erforderlich

---

*) Aus Grimshaw, „Praktische Erfahrungen im Masehinenbau in Werkstatt und Betrieb", deutsch von Ing. Elfes, Berlin, Springer 1897.

ist (vgl. Fig. 509, S. 461). Der Antrieb der Bewegungsschrauben *k* und *m* erfolgt von Hand aus.

Drehbänke, bei welchen die Längsverschiebung des Supports, daher auch die Werkzeugbewegung, parallel zur Drehbankspindel selbstthätig erfolgt, heissen Egalisierbänke. Es kann diese Längsbewegung dadurch bewirkt werden, dass eine zur Drehbankspindel parallele, im Gestelle gelagerte Schraube, die Leitspindel, von der Drehbankspindel aus stetig angetrieben wird, und indem sie auf eine mit dem Support fest verbundene Mutter einwirkt, diesen verschiebt. Es kann aber auch ein anderer Mechanismus zur Anwendung kommen, indem von der Drehbankspindel zunächst durch Zahnräder die Bewegung auf einen Stufenconus, von diesem

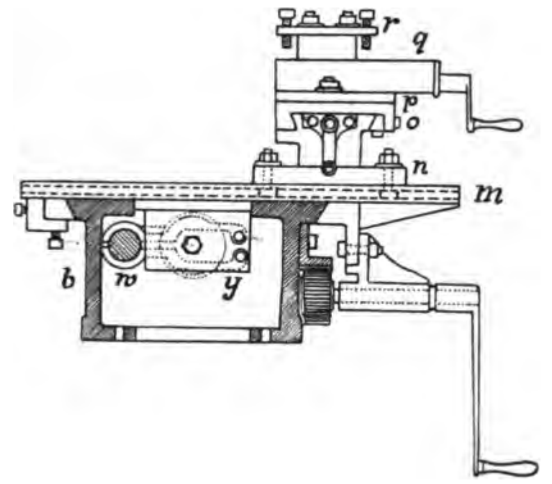


Fig. 561. Support einer Drehbank mit Leitspindel.

auf einen zweiten übertragen wird; Zahnräder vermitteln weiter die rotierende Bewegung auf eine parallel zur Spindel liegende mit Längsnuth versehene Welle, welche eine kurze Schraube ohne Ende (Wurm) antreibt, die von einer Gabel der Supportplatte umklammert, daher in bestimmte Lage zum Support gebracht ist. Von diesem Wurm wird ein Wurmrad und von dessen Achse werden weitere Zahnräder bethätigt. Eines derselben sitzt an einer Welle, welche durch ein Getriebe im Eingriff mit einer Zahnstange steht, die am Drehbankbette festgeschraubt ist. Das Getriebe, dessen Welle in der Supportplatte gelagert ist, wälzt sich auf der Zahnstange und zieht den Support in der Längsrichtung der Zahnstange, beziehungsweise der Drehbank. Dieser zweite Mechanismus findet für das gewöhnliche Cylinderdrehen oder Egalisieren Anwendung, der erstgenannte muss für das Schneiden längerer

Schrauben vorhanden sein und wird nur für dieses dann verwendet, wenn beide Mechanismen an der Drehbank vorhanden sind.

Fig. 561 zeigt einen auf das Drehbankbett *b* montierten Support. Oben, bei *r*, wird das Drehwerkzeug eingespannt, durch *p* und *q* sind die beiden aufeinander senkrechten Geradführungen bezeichnet, welche von Hand aus bethätigt werden. Die Scheibe *n* ist auf *m* drehbar angebracht und durch zwei Schrauben feststell-

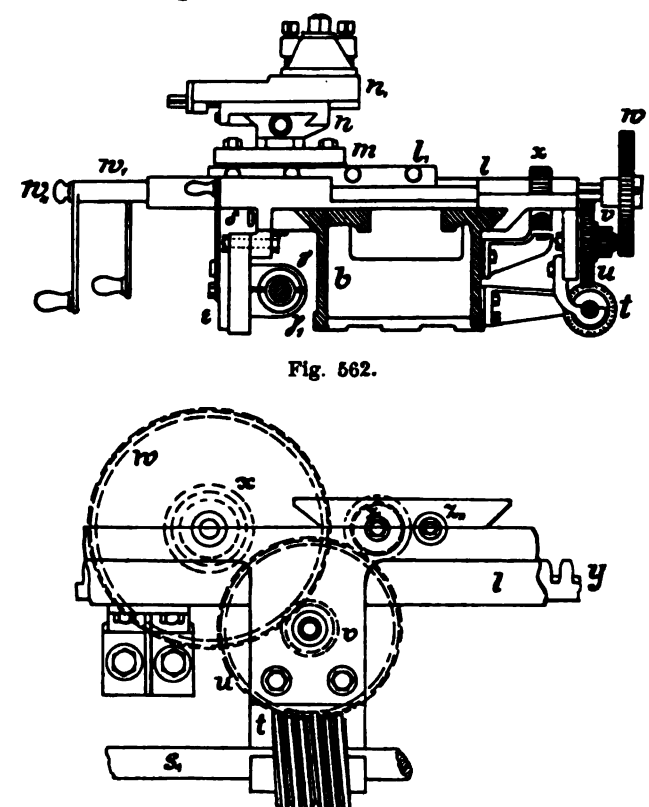


Fig. 562.

Fig. 563. Support für Leitspindel- und Zahnstangen-Mechanismus.

bar. Zwischen den beiden Wangen der Drehbank, nahe an der Hinterwange *b*, liegt die Leitspindel *w*. Die mit dem Support verbundene getheilte Mutter besteht aus zwei Hälften, welche um die Bolzen *y* drehbar sind und die Leitspindel nach Bedarf fassen oder freilassen. Ist die Mutter ausgelöst, so kann der Support mittelst Kurbel, Trieb und Zahnstange längs des Bettes verschoben werden.

Die Fig. 562 bis 564 stellen einen Support dar, welcher seine Längsbewegung selbstthätig je nach Bedarf entweder durch den

Leitspindel- oder Zahnstangenmechanismus erlangen kann. Die Leitspindel liegt hier an der Aussenseite des Bettes und ist in Fig. 562 von den Hälften $\gamma \gamma_1$ der Schraubenmutter umgriffen, welche in Verticalschlitzen der Platte δ Führung finden. An jeder Mutterhälfte ist ein Zapfen angebracht, welcher je in einen excentrischen Schlitz der drehbaren Scheibe ε eingreift. Bei der in Fig. 565 gezeichneten Stellung dieser Scheibe wäre die Mutter ausgerückt.

Die Zahnstange y (Fig. 563) ist am Bette befestigt. Längs des Bettes liegt die mit Längsnuth versehene Welle s_1 Fig. 564, durch welche der Wurm t (vgl. oben S. 483) angetrieben wird. t treibt das Wurmrad u und hierdurch Rad v. Ist das Rad w, dessen Achse verschiebbar ist, in v eingerückt, so geht die Bewegung von v auf w und das Triebrad x, welches auf y sich abrollend dem Support

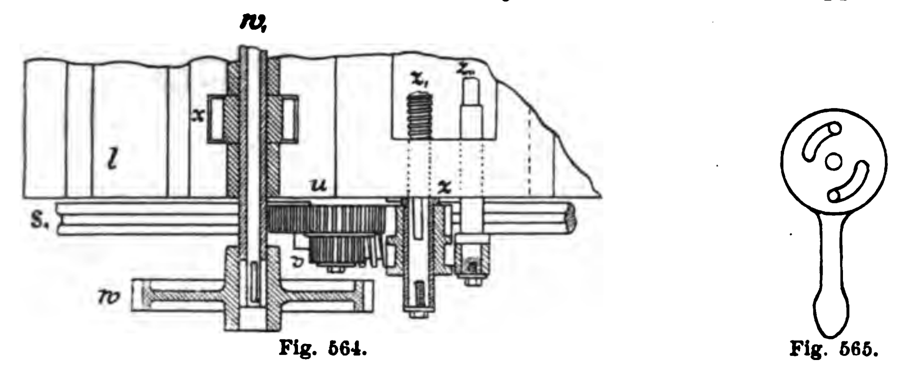


Fig. 564.

Fig. 565.

langsame Längsverschiebung ertheilt. Befindet sich hingegen w ausgerückt, so kann die Längsbewegung von der Handkurbel $w_{,,}$ aus erfolgen. Bei ausgerücktem Rade w, hingegen in u eingerücktem Rade z, wird die Schraubenspindel z_1 gedreht, welche den oberen Theil des Supports (Quersupport) senkrecht zur Spindel verschiebt, wie dies beim selbstthätigen Plandrehen erforderlich ist. Aus- oder Einrückung von z erfolgt durch die Stange $z_{,,}$, welche geradlinig verschiebbar ist und an ihrem Ende einen Ansatz trägt, welcher in einen eingedrehten Hals an z eingreift und hierdurch z verschiebt.

Der stetige Antrieb der genutheten Welle s_1 erfolgt von der Drehbankspindel durch nachstehenden Mechanismus. Von einem an der Drehbankspindel sitzenden Zahnrade wird die Bewegung durch ein Zwischenrad auf ein Zahnrad übertragen, welches mit einem kleinen Stufenkegel an gemeinsamer Hülse an der linken Seite des Spindelstockes drehbar angeordnet ist. Von dieser Stufen-

scheibe wird eine tiefer unten gelagerte Stufenscheibe angetrieben, mit welcher ein Stirnrad *(r)* verbunden ist. Vom diesem Stirnrade wird die rotierende Bewegung mit Hilfe eines oder zweier Zwischenräder, je nach der beabsichtigten Drehungsrichtung, auf ein an der Nuthwelle s_1 sitzendes Rad übertragen und dadurch diese bethätigt. Die erwähnten Zwischenräder sitzen auf Achsbolzen, welche von einem gemeinsamen um *r* drehbaren Schilde getragen werden, von dessen Einstellung es abhängt, ob nur das eine oder ob beide Zwischenräder wirken. (Hart, Werkzeugmaschinen, Taf. 6.)

Die Plandrehbänke, auch Scheibendrehbänke genannt, werden zum Abdrehen von Schwungrädern, Seilscheiben u. dgl. benützt. Sie bestehen aus einem sehr kräftigen, wohl fundierten Spindelstocke; an der Spindel sitzt eine grosse Planscheibe, bestimmt zur Befestigung des Arbeitsstückes. Planscheibe und Werkstück reichen mit dem untern Drittheil in eine Grube, durch welche es möglich ist, die Spitzenhöhe wesentlich kleiner als den Halbmesser des Arbeitsstückes zu halten. Denselben Zweck erfüllt bei grösseren Egalisierbänken ein Ausschnitt des Bettes, „Kröpfung", nächst dem Spindelstocke. Die grossen Plandrehbänke haben kein eigentliches Bett, sondern es ist der Spindelstock und der Support getrennt neben der Grube auf Mauerwerk fundiert.

Der Antrieb der Spindel einer grossen Plandrehbank verlangt ein Rädervorgelege, welches derart angeordnet ist, dass noch bedeutendere Uebersetzungen ins Langsame möglich sind. Sehr häufig ist an der Rückseite der Planscheibe ein Zahnkranz, zuweilen mit äusserer und innerer Verzahnung, angebracht und die Rädervorgelege wirken dann durch ein Triebrad (beziehungsweise zwei) auf den Zahnkranz. Um den grossen Achsendruck (Lagerdruck) zu vermindern, welchen schwere Arbeitsstücke bedingen, unterstützt man zuweilen die Planscheibe durch Stütz- oder Laufrollen. (Ausführliche Zeichnungen in Hart Taf. 11 und 12.)

Als ein billiger Ersatz der Plandrehbänke sind die sogenannten Grubendrehbänke hervorzuheben, deren Einrichtung und Verwendung die folgende ist.

Das abzudrehende Schwungrad *S* wird zunächst über und in die Grube gehängt und durch Lothe (Fig. 566) eingerichtet. Die horizontalen Arme werden auf Böcken *b* aufgesetzt und an denselben festgeschraubt, wobei die Vorderfläche des Rades parallel zur Bett- oder Grubenkante liegen muss. Ist dies geschehen, so wird der Bohrbock aufgesetzt, centrisch eingerichtet und die Schwungradnabe ausgebohrt. In diese Bohrung wird nach Entfernung des Bohrbockes eine provisorische Achse eingesetzt, auf dem abzu-

drehenden Schwungrade concentrisch ein Zahnkranz R befestigt und hierauf das Rad in zwei Lagerböcken, Fig. 567, 568, gelagert; die früher verwendeten Armstützen aber entfernt. Das Triebrad eines Triebstockes, welcher auf dem Bette befestigt wird, greift in den Zahnkranz ein und hierdurch wird das Schwungrad in den Lagerböcken langsam gedreht. Zunächst findet das Abdrehen der einen Seite des Schwungringes statt, wobei nur ein schwacher Span ge-

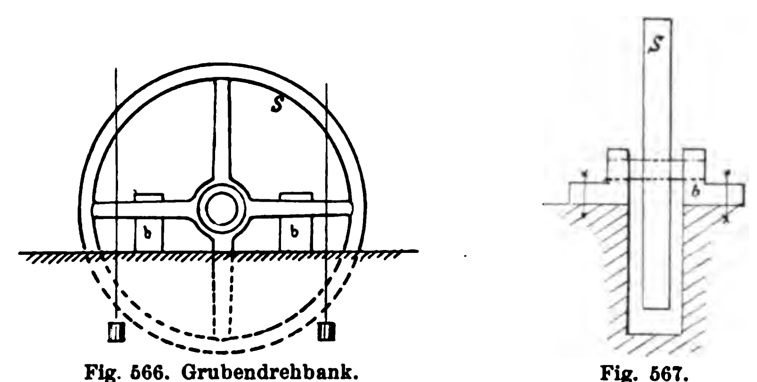


Fig. 566. Grubendrehbank. Fig. 567.

nommen wird. Gegen die so gebildete Ringfläche lässt man nach Fig. 569 eine Stützrolle wirken und kann auf der Gegenseite einen kräftigeren Span nehmen. Beim weiteren Abdrehen kann der Kranz beiderseits durch Rollen gestützt werden.

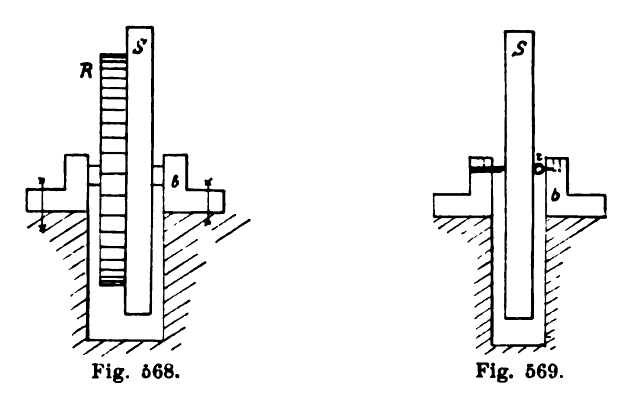


Fig. 568. Fig. 569.

Das **Kugeldrehen** geschieht entweder durch Handarbeit oder mit Hilfe eines „Kugelsupports". Im ersteren Falle wird das annähernd kugelige Arbeitsstück zunächst in einem Futter so befestigt, dass wenig mehr als die Hälfte vorragt. Man sticht nun einen grössten Kreis ein, spannt hierauf das Arbeitsstück so in das Futter, dass ein Durchmesser des eingestochenen Kreises in die

Verlängerung der Achse der Drehbankspindel fällt und dreht das aus dem Futter vorragende Arbeitsstück bis zu dem eingedrehten Kreise ab, hierdurch erhält man eine exacte Halbkugel. Durch neuerliches Umspannen wird die zweite Hälfte der Kugel herstellbar.

Weit bequemer ist das Abdrehen mittelst des Kugelsupports, bei welchem die Spitze des Werkzeuges einen Kreisbogen durchläuft, welcher in einer horizontalen, durch die Rotationsachse gehenden Ebene liegen muss, beziehungsweise hat die Schneide des Werkzeuges einen solchen Kreis zu tangieren. Der Kugelsupport hat zu diesem Zwecke eine verticale Drehachse, deren Verlängerung die Rotationsachse schneidet. Um diese Achse kann der obere Theil des Supports durch Wurm und Wurmrad langsam gedreht werden.

Der Abstand des Werkzeuges von der Drehachse des Supports entspricht dem Kugelradius. Auch hier ist ein Umspannen erforderlich. Kleine Kugeln können durch Anwendung von Façonstählen gedreht werden.

Für die Erzeugung der Kugeln für Fahrradlager sind besondere Verfahren in Anwendung.*)

Schraubenschneiden auf der Drehbank.

Durch Zuhilfenahme des Schraubstahles oder Schneidkammes können aus freier Hand kurze Spindel- und Muttergewinde geschnitten werden, wenn der Arbeiter darauf eingeübt ist, während einer Umdrehung des Arbeitsstückes das Werkzeug gleichmässig um seinen Spitzenabstand zu verschieben. Weit sicherer und leichter gelingt jedoch diese Arbeit, wenn das Arbeitsstück selbst die Schraubenbewegung macht und der Schneidkamm nur angedrückt, beziehungsweise an der Auflage festgehalten zu werden braucht.

Fig. 570 stellt einen äusseren und einen inneren Schraubstahl (Schneidkamm für Spindel- und Muttergewinde) dar. Die eigentlich schneidenden Zahnreihen sind entsprechend hinterschliffen. Fig. 571 zeigt die schematische Skizze des Spindelstockes einer sogenannten Patronendrehbank, dessen Einrichtung eine solche ist, dass das Arbeitsstück eine Schraubenbewegung erhält.

*) Die selbstthätige Kugeldrehbank der Taylor, Cooper & Bednell Co. ist in Pregel's Werk über Drehbänke S. 246 beschrieben. S. ferner:

La Mécanique générale americaine par Gust. Richard, Paris J. B. Baillière et fils 1896, S. 383 bis 385.

Die Spindel der Patronendrehbank besitzt längere Lagerzapfen, welche eine Längsverschiebung der Spindel zulassen; diese Verschiebung wird bewirkt durch die eine oder andere der kurzen Schrauben (Patronen) r' bis r'''', je nachdem gegen eine derselben eine Mutter m, segmentförmiger Gestalt, angedrückt wird. Rotiert die Drehbankspindel, so wird sie durch das Schraubenpaar gezwungen, eine Schraubenbewegung zu machen, diese Bewegung muss auch das Arbeitsstück mitmachen, welches durch ein Futter in feste Verbindung mit der Spindel gebracht ist.

Will man an der Patronendrehbank mittelst des Schneidkammes eine Schraube (oder Mutter) schneiden, so ist das Werkzeug so zu wählen, dass die Zahntheilung desselben genau gleich der Steigung der gewählten Schraube ist (Fig. 567 r''); in diesem Falle wird

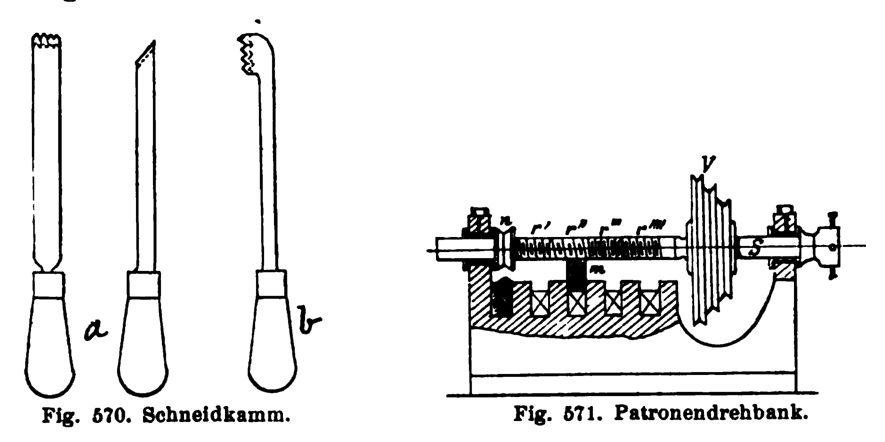


Fig. 570. Schneidkamm.

Fig. 571. Patronendrehbank.

durch allmähliche Annäherung des Werkzeuges schliesslich eine scharfgängige Schraube geschnitten. Man macht also mehrere Schnitte, zu welchem Zwecke die Drehbankspindel wiederholt ihre Schraubenbahn vor und zurück durchlaufen muss.

In der Regel werden die Patronendrehbänke nur zum Schneiden kurzer Gewindestücke verwendet. Will man etwas längere Schrauben schneiden, als der Verschiebungslänge der Spindel entspricht, so ist der Vorgang folgender:

Man schneidet zunächst ein kurzes Stück der Schraube mit Hilfe der Patrone, rückt dieselbe sodann aus, schaltet in die ringförmige Nuth der Spindel n ein Sattelstück ein, und verhindert dadurch die Spindel sich in ihren Lagern zu verschieben. Ist dies geschehen und die Spindel in Rotation gesetzt, so wird der Schneidkamm in etwas schiefer Lage so verwendet, dass einige Zähne in den geschnittenen Gängen Führung finden, während die anderen

das Gewinde am Werkstücke weiter schneiden, mithin das Gewinde verlängern.

Es sei bemerkt, dass bei vielen Patronendrehbänken die Patronen auch einzeln nach Bedarf an das Spindelende gesteckt sein können, in welchem Falle die Muttersegmente oft in Form eines Vieleckes geeignet angebracht sind. Bei Revolverdrehbänken findet sich auch oft eine Anordnung fürs Schraubenschneiden, bei welcher Drehbankspindel und Patrone am Orte rotieren und eine sattelförmige Mutter, welche mit einer parallel zur Spindel verschiebbaren Hülse in Verbindung steht, dieser die Längsbewegung ertheilt. Während einer Umdrehung der Spindel macht somit die Hülse eine Längsverschiebung um die Ganghöhe der Patrone. Mit der Hülse ist drehbar ein Hebel verbunden, in welchem ein Schneidzahn eingesetzt ist, der gegen das Werkstück gedrückt wird. Die rotierende Bewegung des Werkstückes und die geradlinige Bewegung der Hülse und des Schneidzahnes combinieren sich zu einer relativen Schraubenbewegung des Schneidzahnes am Werkstücke und bewirken so gleichfalls ein Schraubenschneiden.

Der Schneidkamm lässt sich nicht nur auf Metall, sondern auch auf Holz anwenden.

Man wendet ausnahmsweise an der Drehbank zum Schneiden von Schrauben geringen Durchmessers auch Schneideisen und Schneidkluppen an; doch schneidet man mit diesen Werkzeugen meist ohne Zuhilfenahme der Drehbank Schrauben, daher wir sie im Anhange besprechen.

Grössere, insbesondere längere Schrauben, wie sie häufig als Bewegungsschrauben Anwendung finden, werden auf Egalisierbänken geschnitten. Hierbei ist die zu schneidende Spindel zwischen den Spitzen von Spindelstock und Reitstock gehalten und erhält von der Drehbankspindel rotierende Bewegung, während das Werkzeug mit dem Supporte die Längsbewegung erhält, welche von der Leitspindel vermittelt wird.

Die Leitspindel empfängt die langsam rotierende Bewegung gewöhnlich durch Vermittlung der sogenannten Wechselräder von der Drehbankspindel aus. In nachstehender Fig. 572 ist S die Achse der Drehbankspindel, L die Achse der Leitspindel, a, b, a', b' sind die Wechselräder, von welchen a' und b auf gemeinsamer Hülse (auf dem Transportstifte) sitzen, welcher in einem der Schlitze der um L drehbaren Flasche F so festgestellt wird, dass a mit b und a' mit b' in richtigem Eingriffe stehen, wonach auch die Flasche F festgestellt wird. Die auf der Hülse des Transportstiftes sitzenden Räder b und a' drehen sich gemeinsam; a und

a' sind die treibenden, *bb'* die getriebenen Räder. Man nennt diese Räder Wechselräder, weil ein Satz von 20 bis 30 Rädern der Egalisierbank beigegeben ist, von welchen beliebige vier in Verwendung gezogen werden. Diese Räder haben daher durchwegs gleiche Theilung und gleiche Zahnbreite, sie sind „Satzräder".

Bedeuten a und a' die Zähnezahlen der treibenden, b, b' die Zähnezahlen der getriebenen Räder, so ist $\frac{aa'}{bb'}$ das Umsetzungsverhältniss, und wenn man mit S die Tourenzahl der Spindel und mit L die Tourenzahl der Leitspindel ausdrückt, so ist

$$L = \frac{aa'}{bb'} S.$$

Es ist wohl leicht einzusehen, dass je grösser L im Vergleiche zu S wird, d. h. je grösser der Werth $\frac{aa'}{bb'}$ ist, um so grösser ist

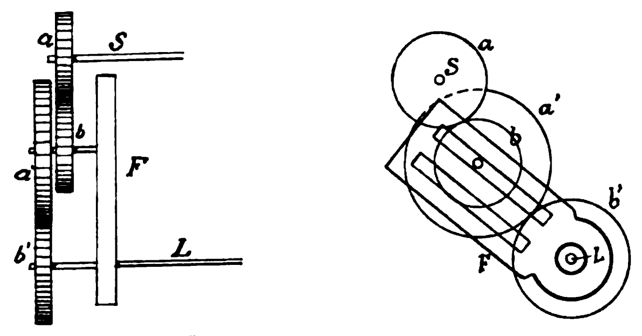


Fig. 572. Wechselräder.

die Verschiebung des Supports, welche auf eine Umdrehung der Drehbankspindel entfällt. Diese Verschiebung ist aber gleich der Steigung **S** der zu schneidenden Schraube und auch gleich der Steigung **L** der Leitspindel mal der auf eine Spindeldrehung entfallenden Leitspindeldrehung, d. i. $\frac{L}{S}$, mithin ist

$$\mathsf{S} = \mathsf{L}\,\frac{L}{S} = \frac{aa'}{bb'}\,\mathsf{L}.$$

Zumeist besteht die Aufgabe darin, mit einer bestimmten Egalisierbank, also gegebenem **L**, eine Schraube bestimmter (verlangter) Steigung **S** zu schneiden. In obiger Gleichung ist dann **S** und **L** bekannt und aus den gegebenen 20 bis 30 Wechselrädern sind jene vier zu wählen, welche der Gleichung $\frac{aa'}{bb'} = \frac{\mathsf{S}}{\mathsf{L}}$ entsprechen.

Bei der grossen Zahl möglicher Zusammenstellungen, sie zählen nach Tausenden, hat die rasche Lösung ihre Schwierigkeit, sie gelingt jedoch leicht durch Anwendung eines besonders eingerichteten logarithmischen Rechenschiebers, des Wechselräderindicators von Munyay, oder durch Anwendung der Regel von Director Haedicke.*)

Der Munyay'sche Indicator besitzt vier logarithmische Scalen, die erste und zweite Scala ist übereinstimmend, diese Scalen entsprechen den Amben der Zähnezahlen der Wechselräder (*aa'*, beziehungsweise *bb'*), neben jedem Theilstriche dieser Scalen stehen zwei Zahlen (Zähnezahlen der Wechselräder), deren Producte die Lage des Theilstriches entspricht, die dritte ist eine gewöhnliche logarithmische Theilung, z. B. auf Millimeter bezogen und entspricht dem **S**, die vierte Scala weist nur wenige Theilstriche auf, der wichtigste entspricht dem **L** im gleichen Mass gemessen, welches der dritten Scala zu Grunde liegt. Alle vier Scalen sind auf die gleiche Einheit ($\log 10 = 1$) bezogen. Die zweite und dritte Scala ist auf dem Schieber aufgetragen, die erste und vierte an den Führungen. Verschiebt man den Schieber um irgend welches Stück, so stehen jene Grössen, deren Theilstriche nach der Verschiebung zusammenfallen, zufolge des dem logarithmischen Rechenschieber zu Grunde liegenden Principes in einem constanten Verhältnisse.

Hat man den Schieber so weit verschoben, dass der dem gewünschten **S** entsprechende Theilstrich der dritten Scala den Theilstrich **L** der vierten berührt, so hat man das Verhältniss $\frac{S}{L}$ gebildet. In demselben Verhältnisse stehen dann auch jene *aa'* und *bb'*, deren Theilstriche in den Scalen 1 und 2 zusammenfallen. Man hat hierdurch jene Ambenpaare gefunden, welche der Aufgabe genau oder doch näherungsweise entsprechen. Eine Proberechnung gibt hierüber bestimmten Aufschluss.

Die Regel von Haedicke fusst auf folgender Erwägung: Die Leitspindel besitze l Gänge auf die Längeneinheit (z. B. den englischen Zoll), so ist l die „Gewindezahl" der Leitspindel und bei einer Umdrehung der Leitspindel verschiebt sich der Support um $\frac{1}{l}$ der gewählten Längeneinheit. Bei der herzustellenden

*) Ueber den Wechselräderindicator s. Näheres in Karmarsch-Heeren's Technischem Wörterbuche, Bd. II, S. 696. S. ferner H. Haedicke, eine einfache Regel für die Bestimmung der Wechselräder. Remscheid, Herm. Krumm. Vgl. ferner Rud. Dahl, Berechnung der Wechselräder, 5. Aufl. Berlin 1891. Rusch, Tabelle zur einfachen Berechnung der Wechselräder. Wien, Deuticke 1895.

Schraube sollen n Gänge auf diese Einheit gehen, der Support muss sich pro Umdrehung der Drehbankspindel um $\frac{1}{n}$ verschieben und dies wird dann geschehen, wenn die Leitspindel in dieser Zeit $\frac{l}{n}$ Touren macht. Setzt man nun an die Drehbankspindel ein Rad, welches $10 . l$ Zähne besitzt, so hat die Leitspindel ein Rad von $10 . n$ Zähnen zu erhalten. Man wird dann die verlangte Schraube bekommen, wenn das Rad an der Drehbankspindel unmittelbar in das Rad an der Leitspindel eingreift. Haedicke nennt eine Drehbank „eingerichtet", wenn das Rad an der Drehbankspindel $10 l$ Zähne besitzt oder durch eine geeignete Uebersetzung ein am Spindelstocke angebrachtes Rad so angetrieben wird, dass dasselbe an die Stelle des ersteren tritt und dieselbe Wirkung erzielt wird. Dann lautet seine Regel: „Das Rad auf der Leitspindel erhält zehnmal so viel Zähne als man Gänge auf die Längeneinheit schneiden will."

Weil jedoch das Rad auf der Leitspindel nicht direct in jenes auf der Drehbankspindel eingreift, so verwendet man Wechselräder, welche entweder als blosse Zwischenräder oder als Vorgelege wirken.

Ein Zwischenrad ist ein solches, dessen Zahnkranz sowohl in das treibende als in das getriebene Rad eingreift, es übt bekanntlich keinen Einfluss auf die Geschwindigkeit. Ein Vorgelege besteht hingegen aus zwei auf derselben Achse aufgekeilten, sich gemeinsam drehenden Rädern (wie oben die Räder b a', Fig. 572), von welchen das eine getrieben ist, das andere treibend wirkt und die bei ungleichen Zähnezahlen Einfluss auf die Geschwindigkeit üben.

Man kann nun je nach Bedarf die in die Flasche F, Fig. 572, einzusetzenden Wechselräder nur als Zwischenräder oder als Vorgelege wirken lassen, welch letzterer Fall in Fig. 572 vorliegt. Mit Zwischenrad wird man arbeiten, wenn das Rad mit $10 n$ Zähnen für die Leitspindel vorhanden ist, mit Vorgelege dann, wenn man ein Rad benützen muss, dessen Zähnezahl mit der rechnungsmässig geforderten ($10 n$) nicht übereinstimmt, aber doch in einem so einfachen Verhältnisse dazu steht, dass sich die für das Vorgelege zu wählenden beiden Räder aus den vorhandenen Satzrädern leicht ermitteln lassen. In Fällen, in welchen n ein Bruch (z. B. $^{103}/_{10}$) und $10 n$ eine grössere Primzahl (z. B. 103) ist, führt Haedicke's Regel deshalb nicht zum Ziele, weil die erforderlichen Räder fehlen. Munyay's Indicator gibt gute Nährungswerthe weit rascher an, denn mit solchen muss man sich hier behelfen.

Ist der richtige Satz von Wechselrädern angebracht, so kann das eigentliche Schraubenschneiden erfolgen. Natürlich muss die Spindel auf das Mass des grössten Durchmessers vorher abgedreht oder jenes Stück, in welches ein Muttergewinde geschnitten werden soll, auf den kleinsten (inneren) Durchmesser ausgedreht sein. Die Stelle, wo das Spindelgewinde beginnt, ist häufig durch eine Verdickung der Spindel markiert und hat man daher meist nur das Ende des Gewindes zu bestimmen. Da das Gewinde nur durch mehrere Schnitte erhältlich ist, weil die Spandicke geringer als die Gangtiefe ist, so muss das Werkzeug nach gemachtem Schnitte zurückgezogen und mit dem Support wieder an die Anfangsstelle geführt werden. Das Zurückziehen (Herausziehen) des Drehstahles wird wesentlich erleichtert, wenn die Spindel dort, wo das Gewinde endet, auf die volle Gangtiefe abgedreht ist.

Das Zurückführen erfolgt entweder durch Oeffnen der Mutter (vgl. Fig. 565) und Verschiebung des Supports aus freier Hand, oder es erfolgt selbstthätig durch Umsteuerung. Erfolgt die Umsteuerung dadurch, dass man dem Deckenvorgelege die entgegengesetzte Bewegung ertheilt, was jedoch specielle Transmissionsanordnung verlangt, so erfolgen alle Bewegungen im entgegengesetzten Sinne und es braucht der Schneidstahl nur so weit zurückgezogen zu werden, dass er im Gange nicht streift; wird aber nur die Leitspindel im entgegengesetzten Sinne bewegt, so muss das Werkzeug vollkommen aus dem Gange ausgezogen sein. Im ersteren Falle hat man nur Acht zu haben, dass die Umschaltung rechtzeitig erfolgt, damit der Schneidstahl am Anfange des Gewindes nicht anstösst, was durch rechtzeitige Bewegungsumkehrung geschieht; im zweiten Falle macht die richtige Einrückung zuweilen nicht unerhebliche Schwierigkeit. Richtiges Einrücken wird stets dann möglich sein, wenn die Drehbankspindel und die Leitspindel dieselbe Lage haben wie bei Beginn des ersten Schnittes, was durch Marken an denselben und Zeiger erkannt werden kann. Beim Selbstrückgange des Supports gelingt das Einrücken ohne weiters, wenn die Steigung der Leitspindel ein ganzes Vielfaches der Steigung der zu schneidenden Schraube ist, denn jede Verdrehung der Leitspindel von der Anfangsstellung des Schneidens wird die ebenso vielfache Verdrehung der Drehbankspindel zur Folge haben, daher ist das Werkzeug beim Einrücken um dieselbe Länge von der Ausgangsstelle verschoben, als die dem Werkzeuge zugekehrte Stelle des zu schneidenden Gewindes. Das Werkzeug muss daher in die Furche treffen.

Will man rechte Gewinde schneiden, so hat sich der Support vom Reitstocke gegen den Spindelstock zu bewegen, für linke Gewinde umgekehrt.

Die specielle Form des Gewindes verlangt auch entsprechende Form des Werkzeuges. Für das scharfe Gewinde ist das Werkzeug einem Spitzstahl, für das flache einem Schlichtstahl ähnlich; der Gewindeabrundungen wegen mit abgerundeten Ecken. Die äusseren Gewindekanten werden durch besondere Drehwerkzeuge am Schlusse des Schneidens gerundet. Bei Herstellung runder Gewinde verwendet man hintereinander fünf verschiedene Werkzeuge, wie Fig. 573 zeigt, wobei das Werkzeug 1 stufenbildend mehreremale angewendet wird. (Reiche, Maschinenfabrikation.)

Statt der im Vorstehenden beschriebenen Anordnung der Wechselräder wurden in neuerer Zeit verschiedene andere Con-

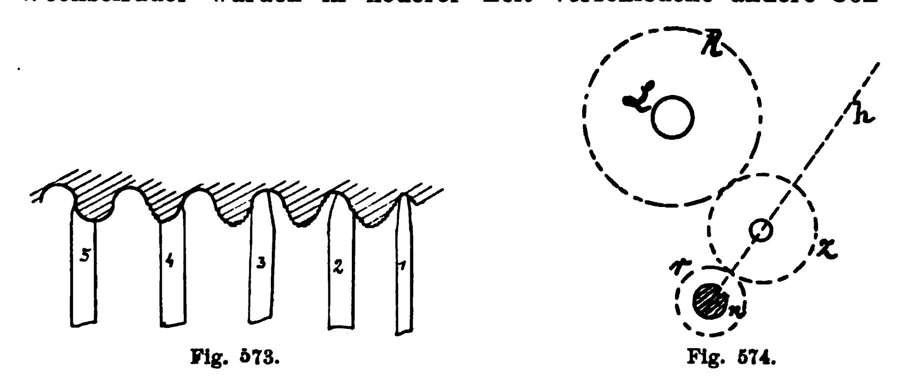


Fig. 573. Fig. 574.

structionen zu dem Zwecke eingeführt, leicht und rasch von einem Umsetzungsverhältnisse zu einem anderen übergehen zu können. Insbesondere ist es Norton's Drehbank, welche diese Aufgabe zuerst in trefflicher Weise löste und daher kurz besprochen werden soll.

Norton's Drehbank besitzt auf der Leitspindel 12 Satzräder, einem Stufenkegel ähnlich angeordnet. Zur Leitspindel parallel liegt eine Nuthwelle *n* Fig. 574, welche von der Drehbankspindel durch Zahnräder angetrieben wird und ein zweites Zahnrad *r* trägt, welches entlang dieser Welle verschoben werden kann. Von diesem Rade *r* wird die rotierende Bewegung durch ein Zwischenrad *z* auf eines der Satzräder der Leitspindel übertragen. Das Zwischenrad *r* läuft lose auf einem Bolzen an dem Handhebel *h*. Der Hebel *h* lässt sich um die Nuthwelle *n* drehen, indem er gegabelt die Nabe des an der Welle sitzenden Zahnrades *r* umgreift. Durch Bethätigung des Hebels kann das Rad *r* längs der

Nuthwelle *n* verschoben und das Zwischenrad *z* in eines der Satzräder *R* an der Leitspindel eingerückt werden. Ist dies geschehen, so wird der Handhebel durch einen Federstift in einem der Löcher einer festen Platte gehalten und dadurch der Eingriff der Räder *r*, *z* und *R* gesichert. Wechselräder gestatten das Tourenzahlenverhältniss der Drehbankspindel und Nuthwelle dreifach zu ändern, so dass Schrauben mit 36 verschiedenen Steigungen geschnitten werden können; zwölf verschiedene Ganghöhen lassen sich durch blosse Verstellung des Handhebels erzielen.

Norton's Drehbank weist noch andere, vortheilhafte Einzelheiten auf und hat sich auch in Oesterreich, insbesondere durch die Thätigkeit von Schuchart & Schütte vielfach eingeführt.

(Vgl. Zeitschr. des Ver. f. Gewerbfleiss 1894, S. 237, und Pregel, Drehbänke, S. 119.)

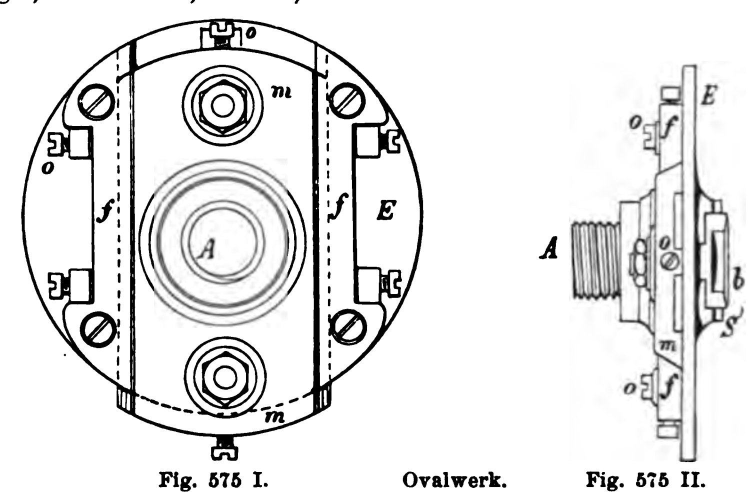


Fig. 575 I. Ovalwerk. Fig. 575 II.

Drehen elliptischer Formen, Ovaldrehen genannt, findet unter Anwendung des Ovalwerkes statt. Dasselbe besteht aus zwei Hauptheilen, einer auf der Drehbankspindel aufzuschraubenden Scheibe *E*, Fig. 575 I bis III, und einem mit der Docke *D* des Spindelstockes verbundenen Ringe *R*, Fig. 576. Letzterer kann durch die Schraube *s* excentrisch zur Drehbankspindel *S* gestellt werden. Auf der Scheibe *E* ist ein Schieber *m*, welcher mit den Backen *b* (an der Rückseite der Scheibe befindlich) verbunden und zwischen Führungen *f* verschiebbar ist. Die Backen *b* tangieren den früher erwähnten, excentrisch gestellten Ring und bewirken, dass bei der Rotation der Drehbankspindel und der damit verbundenen Scheibe *E* der Schieber *m* ausser der rotierenden Be-

wegung auch eine geradlinige Bewegung zwischen seinen Führungen zu machen gezwungen ist. Nachdem nun das Arbeitsstück oder das dasselbe tragende Futter auf der Schraube *A* aufgeschraubt, also mit dem Schieber fest verbunden wird, so ist auch das Arbeitsstück zu der doppelten Bewegung des Schubers gezwungen d. h. es rotiert und verschiebt sich mit ihm.

Ist mit dem Support der Drehbank ein Drehstahl verbunden und wird derselbe senkrecht gegen die Achse des Arbeitsstückes bewegt und zu allmählichem Angriff gebracht, so nimmt er anfänglich Material nur von jenen Stellen des Arbeitsstückes weg, welche durch die Verbindung der geradlinigen und rotierenden Bewegung dem Stichel ausgesetzt werden. Bei allmählichem

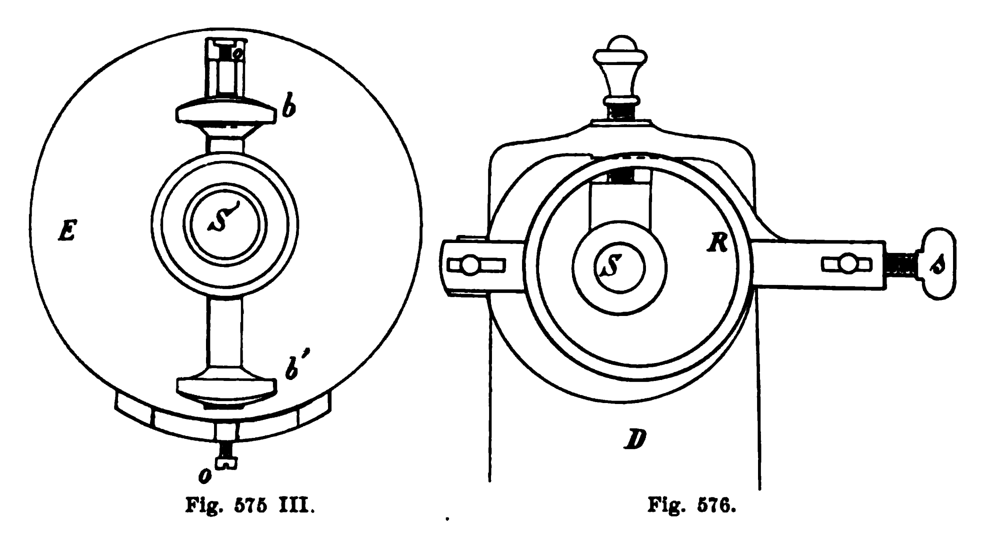


Fig. 575 III. Fig. 576.

Vorschub des Drehstahles aber wird endlich die Linie, welche jeder Punkt des Stahles ausbildet, zur geschlossenen Ellipse.

Hat das Arbeitsstück die Form einer Scheibe und nähert man den Stichel senkrecht zu ihrer Stirnfläche, so reisst derselbe in diese Fläche sogleich eine geschlossene Ellipse ein.

Bevor wir zur mathematischen Begründung dieser Wirkungsweise übergehen, sei noch bemerkt, dass die Schräubchen *o*, *o* (Fig. 575) Rectificationsschräubchen sind, durch welche das exacte Stellen der Führungen *f*, beziehungsweise der Backen *b* möglich wird und dass bei *S'* ein Muttergewinde eingeschnitten ist, welches zum Gewinde der Drehbankspindel *S* Fig. 576 passt. Endlich sei erwähnt, dass unsere Fig. 576 in kleinerem Masstabe gezeichnet ist als die übrigen Figuren.

Zum Zwecke der theoretischen Klarlegung der Wirkungsweise des Ovalwerkes sei in Fig. 477 $M\,M'$ die Mittellinie des Schiebers, $b\,b'$ seien die den Ring R tangierenden Backen, S bezeichne die Achse der Drehbankspindel, O den Mittelpunkt des Ringes, s die Spitze des Stichels. s ist somit bei der gezeichneten Stellung des Schiebers zugleich Punkt der zu bestimmenden Curve, und wählen wir $M\,M'$ als Abscissenachse, da diese in Bezug auf die Curve als bestimmte Fixlinie zu betrachten ist, so wird $s\,P$ zur Ordinate und $P\,O'$ zur Abscisse des Punktes s der Curve. Noch sei bemerkt, dass O' als Mittelpunkt des Schiebers sich zwar in einer Kreislinie*) vom Durchmesser $S\,O$ bewegt, dass dieser Punkt in Bezug auf das Arbeitsstück aber als Fixpunkt zu betrachten

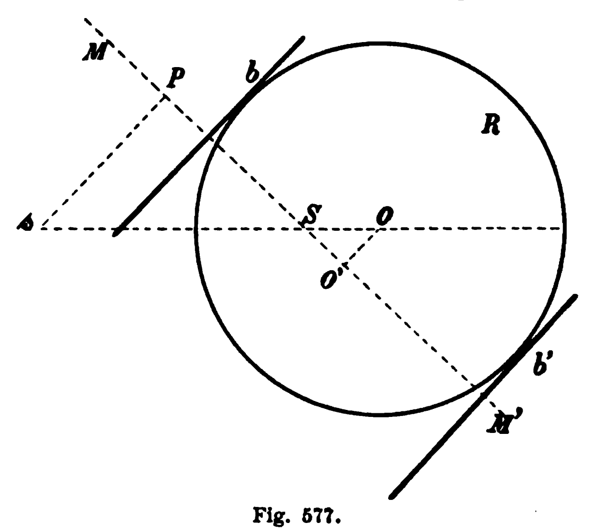


Fig. 577.

ist und daher Punkt O' zweckmässig den Ursprung des Coordinatensystems darstellt. Bezeichnen wir ferner $s\,S = d$, $S\,O = e$ $s\,P = y$, $P\,O' = x$ u. $\measuredangle\, s\,S\,P = \varphi$, so erhalten wir

$$y = d \sin \varphi,$$

$$\text{oder } y^2 = d^2 \sin^2 \varphi \text{ oder } \frac{y^2}{d^2} = \sin^2 \varphi \text{ und}$$

$$x = (d + e) \cos \varphi$$

$$\text{oder } x^2 = (d + e)^2 \cos^2 \varphi \text{ oder } \frac{x^2}{d + e^2} = \cos^2 \varphi$$

letztere beiden Gleichungen addiert und transformiert geben die Mittelpunktsgleichung der Ellipse:

---

*) Der Mittelpunkt des Schiebers durchläuft den Kreis über $S\,O$ während einer Umdrehung der Drehbankspindel zweimal.

$$d^2 x^2 + (d+e)^2 y^2 = d^2 (d+e)^2;$$

dieselbe geht für $d = -\frac{e}{2}$ in die Kreisgleichung vom Radius $r = \frac{e}{2}$ und für $d = o$ in die Gleichung einer Geraden von der Länge $2e$ über. Verändert man die Werthe von d, so erhält man ein System äquidistanter Ellipsen.

Wäre statt der den Kreis R tangierenden Backen mit dem Schieber ein Zapfen verbunden, welcher gezwungen würde, in einer excentrisch gestellten kreisförmigen Nuth sich zu bewegen, dann erhielte man statt der Ellipsen Curven höherer Ordnung, welche der Ei-Linie nahe stehen.

Da die Backen den excentrisch gestellten Ring nur je an einer kurzen, der Höhe des Ringes entsprechenden Geraden tangieren und es bei grossen Kraftwirkungen wünschenswerth sein könnte, die Linienreibung in Flächenreibung umzuwandeln, so hat Arzberger über den Ring R einen zweiten Ring Z geschoben, welcher mit längeren Flächen an die Backen bb' sich anlegt, wie das Fig. 578 versinnlicht. Zur exacten Wirkung dieser Construction ist es erforderlich, jedes Spiel zwischen R und Z beseitigen zu können. Weitere Mittheilungen über das Ovalwerk finden sich in Karmarsch-Heeren's Techn. Wörterbuche, Bd. 6, S. 451.

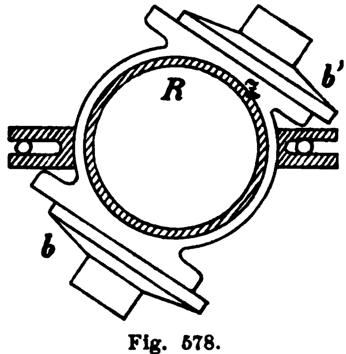


Fig. 578.

Unrund- oder Passigdrehen.

Durchläuft ein Punkt der Werkzeugschneide während einer Umdrehung des Arbeitsstückes relativ auf diesem weder einen Kreis, noch eine Ellipse, noch eine Schraubenlinie, sondern irgend eine andere geschlossene Curve, z. B. eine geschlossene Wellenlinie, so spricht man von Unrund- oder Passigdrehen.

Die diesbezüglichen Drehbänke, Passigbänke, Universaldrehbänke genannt, beruhen auf verschiedenen Principien.

A) Der Spindelstock kann um eine Achse schwingen, welche unterhalb der Drehbankspindel parallel zu derselben liegt. Die Schwingungen werden dadurch bewirkt, dass mit der Spindel S eine Schablone s rotiert, welche durch eine Feder oder durch ein Gewicht an ein fix gelagertes Röllchen r, Fig. 579, gepresst wird.

Den wechselnden Halbmessern der Schablone entsprechend ändert sich der Abstand der Spindel von dem Röllchen, die Rotationsachse des Arbeitsstückes macht Schwingungen, sie nähert und entfernt sich demnach von einem festgehaltenen Werkzeuge und dieses muss auf das Arbeitsstück derart einwirken, dass die Querschnitte desselben eine von der Form der Schablone abhängige Gestalt annehmen müssen.

B) In einem fixen Spindelstocke ist die Drehbankspindel so gelagert, dass sie Längsverschiebungen, ähnlich der Spindel der S. 489 besprochenen Patronendrehbank, erhalten kann. Am hinteren Ende der Spindel ist zu diesem Zwecke eine Schablone angebracht, wie Fig. 580 eine solche darstellt. Diese Schablone wird durch eine Feder gegen eine kleine Rolle gedrückt, deren Achse festgestellt ist und die Spindel macht infolgedessen Längsschwingungen.

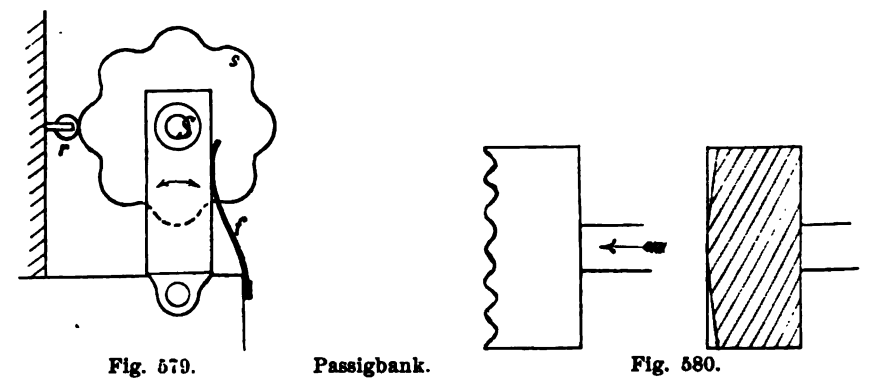


Fig. 579. Passigbank. Fig. 580.

Da die Wellen der Schablone strahlenförmig gegen aussen an Tiefe zunehmen, so kann je nach der Stellung des Röllchens die Schwingungsweite eine grössere oder kleinere werden.

C) Passigbank mit schwingendem Support. Es rotiert das Arbeitsstück um eine fixe Achse, das Werkzeug aber erhält bei jeder Umdrehung des Werkstückes eine ganze Zahl von Schwingungen senkrecht zur Rotationsachse dadurch, dass der obere Theil des Supports abwechselnd gegen die Spindel und von ihr bewegt wird. Es wird der Querschnitt des Arbeitsstückes Formen aufweisen, welche von der Zahl der Schwingungen des Supportes abhängen.

Die Schwingungen des oberen Theiles des Supports, beziehungsweise der Quersupportplatte, können in verschiedener Weise bewirkt werden.

a) Man kann mit der Drehbankspindel eine Schablone wie in Fig. 579 verbinden, dieselbe auf einen Arm oder Hebel wirken

lassen und mit der zur Spindel parallelen Achse des Hebels einen zweiten Arm oder Hebel verbinden, welcher durch eine Zugstange auf den Support wirkt.

b) Man leitet die rotierende Bewegung von der Drehbankspindel auf eine tiefer liegende Welle und von dieser auf ein Excenter, welches so viele Umdrehungen erhält, als das Arbeitsstück Wellen erlangen soll. Das Excenter wirkt auf den oberen Theil des Supports so ein, dass er der Drehbankspindel abwechselnd genähert und von ihr entfernt wird.

Die Excentricität entspricht der Wellenhöhe und es muss die Grösse der Excentricität sich leicht verändern lassen, je nachdem höhere oder niedrigere Wellen erzielt werden sollen. Passigbänke dieser Art wurden durch die Maschinenfabrik Grafenstaden eingeführt.

c) Statt eines Excenters kann auch eine Scheibe angewendet werden, deren Umfläche einem Gange einer Spirale entspricht, wodurch man Wellen besonderer Art (siehe später bei Fräsen) erhalten kann. Masch.-Fabr. Reinecker in Chemnitz.

D) Das Werkstück rotiert um seine Achse, zugleich durchläuft diese Achse n mal die Fläche eines Kreiscylinders. Durch diese zusammengesetzte Bewegung wird sich die Oberfläche des Werkstückes n mal dem Werkzeuge nähern und von ihm entfernen, es werden daher auch auf diesem Wege n Wellen gebildet.

Die Wellen werden symmetrisch gestaltet und von gleicher Grösse sein, wenn beide Bewegungen mit constanter Geschwindigkeit erfolgen, die Wellen werden unsymmetrisch, beziehungsweise von ungleicher Grösse, wenn dies nichtder Fall ist.

Man erhält hypocyklische)⌣(oder pericyklische (○) Curven, je nachdem beide Drehbewegungen in demselben oder im entgegengesetzten Sinne erfolgen.

Die nachstehende Fig. 581 deutet die wesentlichsten Theile des Spindelstockes der Universaldrehbank von Rich. Koch und Herm. Müller (Engl. Patent, 1874, Nr. 3978) an. Es sind zwei Wellen w und w' ineinander geschaltet, w' trägt den Versetzkopf k, welcher durch eine Schraube s (oder durch andere Mittel) excentrisch eingestellt werden kann. Die Achse von k, der mit k verbundenen Planscheibe P und des entweder mit P oder i verbundenen Werkstückes durchläuft eine Cylinderfläche von einem Radius gleich der excentrischen Verstellung des Versetzkopfes k. Wird das Werkstück zwischen Spitzen abgedreht, so ist statt des gewöhnlichen Reitstockes ein Triebstock ähnlicher Einrichtung mit Hohl- und Vollwelle w w' in Anwendung.

Während die Achse des Werkstückes eine Cylinderfläche durchläuft, dreht sich das Werkstück durch die Wirkung des Mitnehmers *m* um seine Achse und beträgt die Tourenzahl von *w* und *P* den *n*ten Theil der Tourenzahl von *w'* und *k*, wodurch das Arbeitsstück *n* Wellen erhält. Wäre der Mitnehmer, wie es die Zeichnung darstellt, mit einem an *w* festen Arm verbunden, so würde infolge der excentrischen Stellung von *k* und des radialen Schlitzes, in welchen die Mitnehmerwelle eingreift, die Drehung der Planscheibe eine ungleichmässige sein. Soll diese Drehung mit gleichförmiger Geschwindigkeit erfolgen, so muss der Mitnehmerarm mit einem Gleitstücke verbunden sein, welches eine zur Mittellinie des Armes senkrechte Verschiebung zulässt. Die Richtung dieser Verschiebung

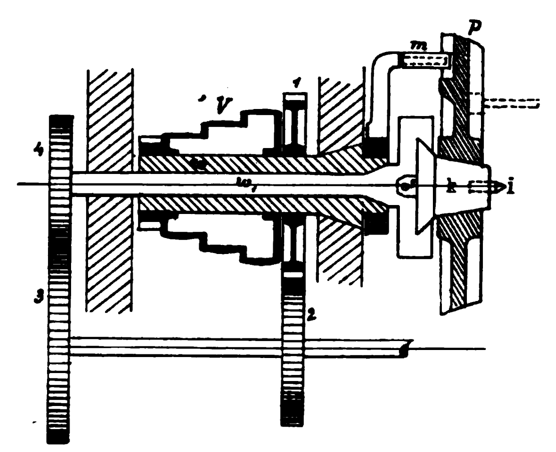


Fig. 581. Schema der Universal-Drehbank von Koch und Müller.

steht dann auch senkrecht auf der Richtung der Nuth bei *m* und durch die so gebildete rechtwinkelige Kreuzschleife*) wird die Drehung von *P* gleichförmig.

Durch Veränderung der Wechselräder 1 bis 4 kann das Verhältniss der Tourenzahlen von *w* *w'* und durch Einschaltung eines Zwischenrades die Drehungsrichtung geändert werden.

E) Eine specielle Aufgabe des Unrunddrehens ist die Herstellung hinterdrehter Fräsen. Es stehen hierfür specielle Vorrichtungen in Gebrauch, welche zwar hier einzureihen wären, deren Besprechung jedoch erst später (siehe Fräsen) erfolgen wird, wenn wir die hinterdrehten Fräsen kennen gelernt haben.

---

*) Vgl. Ledebur, mech. Techn. d. Metalle, S. 656; Reuleaux, Kinematik, S. 315. Rotierende Kreuzschleife.

Das Guillochieren und das Räderschneiden auf der Drehbank.

Manche Drehbänke, insbesondere die für Feinmechaniker und Graveure, sind mit einer Guillochierscheibe (Erfinder Guillot), andere mit einer Theilscheibe ausgestattet.

Die Guillochierscheibe ist eine auf die Drehbankspindel aufzuschraubende Scheibe, in welcher ein radial verschiebbarer Schieber Führung besitzt. Die Verstellung des Schiebers erfolgt durch eine in die Schiebermittellinie gelegte Bewegungsschraube (Stellschraube). Auf dem Schieber ist eine Mutterscheibe derart befestigt, dass sie um den Mittelpunkt des Schiebers gedreht werden kann. Die Mutterscheibe trägt einen Zapfen, auf welchen ein Schraubengewinde zur Feststellung der Futter geschnitten ist.

Hat man auf dieser Schraube Futter und Arbeitsstück aufgesetzt, so kann die geometrische Achse beider durch Verstellung des Schiebers excentrisch zur Drehbankspindel gestellt werden. Nähert man der Stirnfläche des Arbeitsstückes einen Spitzstahl, während die Spindel läuft, so wird ein Kreis eingeschnitten, dessen Halbmesser gleich ist dem Abstande der Werkzeugspitze von der Spindelachse; dieser Kreis wird aber excentrisch zur geometrischen Achse (Mitte) des Werkstückes liegen, und zwar so viel als der Schieber aus der Mittellage gebracht war. Verdreht man nun die Mutterscheibe um einen bestimmten Winkel und lässt das Werkzeug wie früher wirken, so erhält man einen zweiten Kreis von gleichem Durchmesser, derselben Excentricität, aber um den Drehungswinkel versetzt.

In dieser Weise kann man ein System von Kreisen gleichartiger Lage einschneiden. Verändert man hierauf die Excentricität durch weitere Verschiebung des Schiebers, so kann man ein zweites System von Kreisen erhalten. Man erhält auf diesem Wege Figuren aus vielen Kreisen regelmässiger Anordnung gebildet, wie solche häufig die Gehäuse der Taschenuhren verzieren.

Verbände man die Guillochierscheibe mit dem Ovalwerk oder einer Passigbank, so liessen sich Figuren erhalten, welche aus Ellipsen oder aus Wellenkreisen zusammengesetzt sind.

Die Theilscheibe ist eine auf die Drehbankspindel aufgesetzte Scheibe, deren Stirnfläche concentrische Kreise aufweist, in welchen konische Grübchen eingebohrt sind, welche die einzelnen Kreise nach verschiedenen ganzen Zahlen (30, 35, 40 . . . 100 etc.) theilen.

In diese Theilpunkte kann die konische Spitze eines auf dem Drehbankbette drehbar befestigten, federnden Armes (Alhidade) eingesetzt werden. Ist die Alhidadenspitze in eines der Grübchen

der Theilscheibe gesetzt und der Alhidadenarm festgestellt, so ist die Theilscheibe und mit ihr Drehbankspindel und Arbeitsstück in einer bestimmten Lage festgestellt. Man kann nun ein Werkzeug — Fräse, Bohrer o. dgl. — dessen Stellung eine bestimmte ist, auf das Arbeitsstück einwirken lassen, wodurch z. B. eine Zahnlücke in den Umfang, oder ein Loch in die Stirnfläche einer Scheibe eingeschnitten, beziehungsweise gebohrt werden kann. Hebt man hierauf die Alhidade, dreht die Theilscheibe bis zum nächsten Theilpunkte, welcher dann wieder durch die Alhidade fixiert wird, so kann man eine zweite Lücke fräsen, ein zweites Loch bohren u. s. w. Mithin ist es möglich, durch eine mit der Drehbank zu verbindende Fräs- oder Bohrvorrichtung und Zuhilfenahme der Theilscheibe kleine Räder zu fräsen oder in Scheiben Löcher zu bohren, welche in gleicher Entfernung von der Mitte des Werkstückes liegen und auch voneinander einen bestimmten gleichen Abstand besitzen. In diesen Fällen arbeitet die Drehbank jedoch nicht eigentlich als solche, es ist vielmehr der Spindelstock zum Theilkopf (einer Räderfräse etc.) geworden.

Drehbänke für besondere Zwecke.

Für die rasche Herstellung zahlreicher gleicher, kleiner Metallgegenstände, welche der Bearbeitung durch mehrere nacheinander anzuwendende Drehwerkzeuge — z. B. Schropstahl, Schlichtstahl, Façonstahl, Bohrer, Abstechstahl — bedürfen, verwendet man mit grossem Vortheile die Revolverdrehbänke (Pregel nennt sie Stichelthurmdrehbänke).

Die Werkzeuge sind in einem Drehkopfe befestigt, welcher gewöhnlich sechs verschiedene Stellungen, entsprechend den sechs zum Gebrauche eingestellten Werkzeugen, einnehmen kann. Der Drehungswinkel des Werkzeugkopfes beträgt in diesem Falle 60°. Die Achse des Messerkopfes ist zumeist in einem zur Achse der Drehbankspindel parallel geführten Schlitten gelagert und kann der Schlitten durch einen Hebel verschoben werden. Bei dieser Verschiebung erfolgt, wenn der Messerkopf vom Arbeitsstück abgezogen ist, die Verdrehung. Hierdurch gelangt ein folgendes Werkzeug in die richtige Stellung und wird dasselbe durch allmählichen Linksschub des Schlittens zur Wirkung gebracht. Manche Revolverdrehbänke gestatten auch eine zur Drehbankspindel senkrechte Bewegung des Messerkopfes, bei anderen ist ein besonderer senkrecht zur Spindel beweglicher Schlitten vorhanden, welcher gewöhnlich den Abstechstahl trägt.

Die Drehbankspindel der Revolverbänke besitzt in der Regel eine centrale Bohrung, durch welche die zu kleinen Stücken zu verarbeitende Stange (Rundeisen, Messingstange) gesteckt und in einem Centrierfutter geklemmt wird. Der aus dem Futter vorragende Theil der Stange hat die Länge des herzustellenden Arbeitsstückes mehr jener Länge, welche das Abstechen verlangt.

Unter den für kleine Metallarbeiten vorzüglich geeigneten Drehbänken sind die Constructionen von Pittlers (Maschinenfabrik in Leipzig-Gohlis) hervorzuheben (Mittheilungen des technologischen Gewerbemuseums, Jahrgang 1895, S. 156).

Von den sogenannten Horizontaldrehbänken, welche oft mit Fräsvorrichtungen verbunden sind, wird bei den Fräsmaschinen gesprochen werden.

Zu den Special- oder Sonderdrehbänken gehören auch die Räderdrehbänke und die Geschützdrehbänke. Die ersteren dienen in den Waggon- und Locomotivfabriken zum Abdrehen der Radkränze und nach dem Aufziehen der Radreifen, Tyres oder Bandagen, auch zum Abdrehen dieser. Diese Drehbänke haben Aehnlichkeit mit Plandrehbänken, sind jedoch mit zwei Supporten ausgestattet, um beide Räder eines Radpaares gleichzeitig abdrehen zu können.

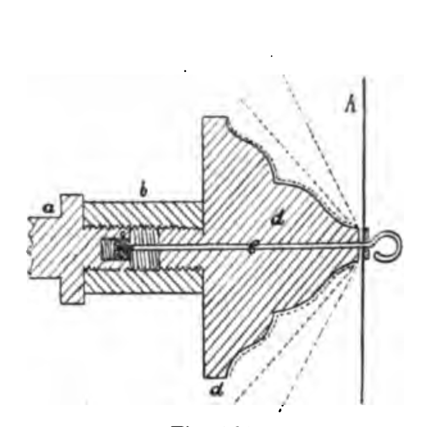
Die Geschützdrehbänke sind zum Theile mit einer besonderen Bohrvorrichtung, welche an Stelle des Reitstockes treten kann, zum Ausbohren des Rohres versehen.

Als eine besondere Arbeit sei zum Schlusse das Drücken auf der Drehbank (Metalldrücken)*) besprochen, eine Arbeit, welche verwandt mit dem Stanzen ist und die wir dort nur deshalb nicht besprachen, weil sie die Drehbank als Hilfsmittel benöthigt. Das Drücken setzt voraus, dass die hergestellte Tiefwaare die Form eines Rotationskörpers aufweise. Eine Abweichung von dieser Bedingung findet bei Anwendung des Ovalwerkes, d. i. beim Ovaldrücken statt. In diesem Falle sind alle Schnitte senkrecht auf der Drehungsachse Ellipsen (von gleicher Excentricität), während sie sonst Kreise sind.

Das Drücken besteht darin, dass man eine Blechscheibe durch entsprechenden Druck mit einem oder auch zwei Werkzeugen, während sie rasch rotiert, über ein gleichzeitig mit ihr sich drehendes Futter (Holzmodel) drückt. Man fährt mit dem glatten Druckstahl langsam vom Centrum gegen die Peripherie und zurück und schiebt so gleichsam Wellen des Materials vor dem Druckstahl her und presst dasselbe an das Futter.

*) Als vorzügliche Schrift mit genauen bildlichen Darstellungen ist zu nennen: Das Metalldrücken von Seb. Teyschl und Heinr. Zoff. Wien, Hartleben.

Die nachstehende Skizze, Fig. 582, dürfte zur Erklärung genügen. *a* stellt das vordere Ende der Drehbankspindel, *b* eine aufgeschraubte messingene Hülse vor; Theil *c* ist zum Anziehen des Vorsetzstiftes vorhanden, für dessen Schraube er das Muttergewinde enthält; *d* ist das Futter, über welches die anfänglich ebene, kreisrunde Blechscheibe aufgezogen werden soll, es ist meist aus Weissbuchenholz; *e* ist endlich der Vorsteckstift, welcher mit seinem Ende in *c* eingeschraubt und dadurch angezogen wird. Der zum Drücken verwendete Stahl, ein Polierstahl mit durchaus abgerundeten Kanten, hat mannigfache Gestalt; eine oft gebrauchte Form zeigt Fig. 583. Um das nahe am Umfange der Blechscheibe besonders leicht eintretende Faltenwerfen zu verhindern, wird ein



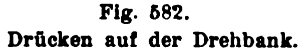

Fig. 582.
Drücken auf der Drehbank.


Fig. 583.
Druckstahl.

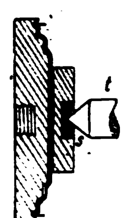


Fig. 584.

zweiter Druckstahl von der Rückseite des Bleches entsprechend entgegen gehalten, bis man auch den Rand des Bleches dem Futter so nahe gebracht hat, dass das völlige Andrücken mit dem ersten Stahle allein geschehen kann.

Wie beim Stanzen hintereinander mehrere Stanzen zur Anwendung kommen, so kann man auch hier mehrere Futter verwenden, bis die Schlussform erreicht ist, und zur Förderung der Dehnbarkeit auch dazwischen das Ausglühen anwenden. So ist es möglich, cylindrische Röhren aus einer Kreisscheibe durch allmählich, immer mehr der Cylinderform sich nähernde konische Futter herzustellen. Das letzte Futter hat dann die Gestalt eines Cylinders.

Für die Herstellung von Gegenständen, bei welchen das durch den Vorsteckstift *e* bedingte Loch nicht vorhanden sein darf, ver-

wendet man eine Vorsetzplatte, welche durch den Reitnagel angedrückt wird, Fig. 584; oder man befestigt auch das Blech an dem Umfange des Futters, indem man den vorstehenden Rand desselben in eine am Umfange befindliche Nuth drückt, hierauf die provisorische Vorsetzplatte entfernt und nun das Blech in das Innere des hohlen Futters eindrückt.

Beim Ovaldrücken kann letzteres Mittel nicht angewendet werden, weil das Futter durch das Ovalwerk eine combinierte Bewegung erhält. In diesem Falle bringt man, falls ein Vorsteckstift nicht gebraucht werden darf, am Reitnagel eine Eisenscheibe an, deren Endfläche senkrecht auf der Drehbankspindel steht, bringt zwischen diese Scheibe und das am Futter zu haltende Blech eine Kugel aus Bronze und drückt durch diese, indem man den Reitnagel dem Spindelstock nähert, die Blechscheibe an. Bei der Arbeit durchläuft die Kugel, welche möglichst genau in der Richtung der Achse der Drehbankspindel einzustellen ist, einen Kreis vom Radius der Excentricität.

II. Das Hobeln.

Zur Anarbeitung ebener, zuweilen jedoch auch krummer, insbesondere cylindrischer Flächen, bedient man sich des Hobelns. (Vgl. S. 448 und 452.)

Bei der Holzbearbeitung findet das Hobeln häufig mittelst Werkzeugen — Hobel — von Hand aus statt, für die Metallbearbeitung, von weichen Metallen abgesehen, verwendet man jedoch zumeist Maschinen; obwohl auch Holz sehr häufig durch Hobelmaschinen mit grosser Zeitersparniss bearbeitet wird.

Die nachstehenden Figuren 585 und 586 zeigen zwei Hobelformen, welche von dem Tischler sehr häufig gebraucht werden und sowohl in der Gestaltung des Hobeleisens als des Hobelkastens wesentlich verschieden sind.

Je nachdem die Schneide gekrümmt, gerade oder fein gezahnt ist, benennt man den Hobel von der Form Fig. 585 Schrop-, Schlicht- oder Zahnhobel. Der Schrophobel wird zum Vorhobeln (Schropen) auf weiches Holz, der Zahnhobel zu gleichem Zwecke auf hartes Holz angewendet; letzterer zuweilen auch dazu, aneinander zu leimende Holzflächen, z. B. Fourniere, etwas zu rauhen.

Der Schlichthobel dient zum ebenhobeln, schlichten.

Der Winkel, unter welchem das Hobeleisen im Kasten gestellt ist, wird beim Schrop- und Zahnhobel etwas grösser gewählt als

beim Schlichthobel. Die Breite des Hobeleisens ist bei diesen Hobeln stets kleiner als die Breite des Hobelkastens. Die abgetrennten Späne treten nach oben aus dem Kasten.

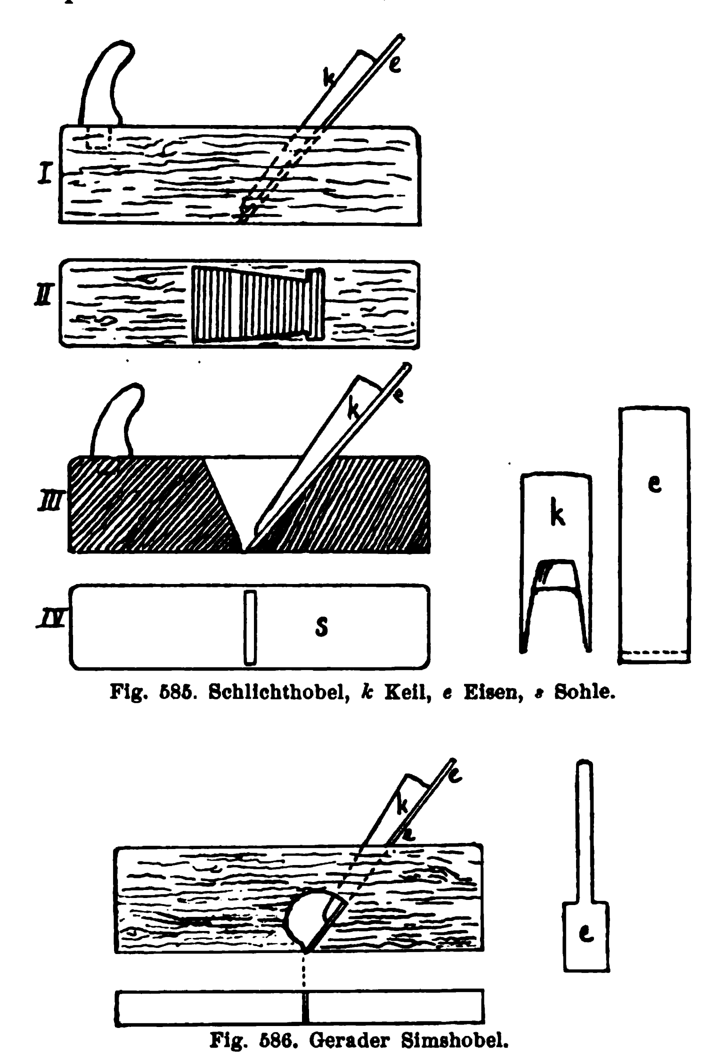


Fig. 585. Schlichthobel, *k* Keil, *e* Eisen, *s* Sohle.

Fig. 586. Gerader Simshobel.

Der Simshobel (Gesimshobel), Fig. 586, besitzt ein Eisen, dessen Schneide die ganze Hobelsohle durchquert. Die Späne finden seitlich ihren Austritt und der Hobelkasten umschliesst den schmäleren oberen Theil des Eisens in einem viereckigen Loche, in welches auch ein Keil zur Festellung des Hobeleisens eingetrieben wird.

Die Schneide des Hobeleisens kann senkrecht zur Längenrichtung des Hobelkastens stehen, gerader Simshobel, oder schräge, schiefer Simshobel; letzterer wird insbesondere dann verwendet, wenn die Hobelrichtung senkrecht zum Faserlaufe des Holzes läuft. (Vgl. S. 435 Fig. 447.)

Man kann den Hobelkasten mit einer seitlichen, über die Sohle vortretenden Leiste versehen, welche Anschlag heisst. Mittelst zweier paralleler, am Hobelkasten fester Schrauben aus Holz, welche durch passende Löcher der Anschlagschiene gehen, lässt sich der Abstand des Anschlages durch Stellmuttern, welche beiderseits des Anschlages angebracht sind, verändern.

Bringt man eine Schiene an der Seitenwand des Hobels an, so vermag der Hobel nicht tiefer in das Holz einzudringen, als dem Abstande der Hobelsohle von der unteren Fläche dieser

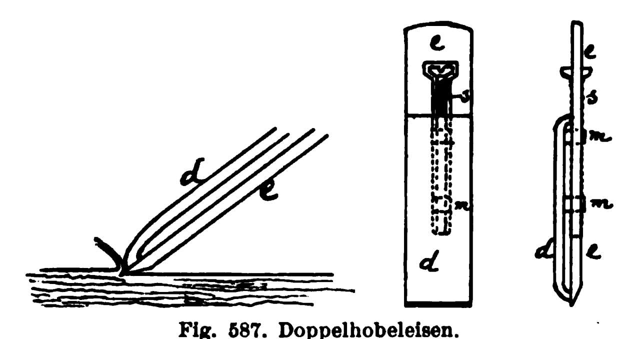


Fig. 587. Doppelhobeleisen.

Schiene entspricht. Diese Einrichtung nennt der Tischler „Auflauf", weil der Hobel schliesslich auf dieser Schiene gleitet, aufläuft. Der Auflauf ist meist aus Eisen, parallel zur Sohle verstellbar.

Für die Herstellung von Falzen, wie z. B. jene kleinen Absätze heissen, welche in Fensterrahmen zur Aufnahme des Glases angearbeitet sind, oder zur Herstellung sogenannter Grathe, das sind unter spitzem Winkel angearbeitete Flächen, bedient man sich besonderer Formen des Simshobels, Falzhobel und Grathhobel genannt.

Beim Hobeln harten Holzes kann das Hobeleisen leicht spaltend einwirken, d. h. der sich bildende Span reisst tiefer und entfernter liegende Faserbüschel mit aus, das Werkzeug wirkt vorreissend ein. Dieser Uebelstand kann durch das Doppelhobeleisen beseitigt werden, denn die auf das Eisen gesetzte Deckplatte ist so geformt, dass der sich bildende Span stets unmittel-

bar vor dem Eisen geknickt wird, wodurch die spaltende Wirkung beseitigt ist, Fig. 587. Ein Hobel, in welchen ein solches Eisen eingesetzt ist, heisst Doppelhobel.

Zur genauen Einstellung der Deckplatte *d* Fig. 587 dient die Schraube *s*, welche in einem Ansatz von *d* ihre Mutter *m* findet.

Das Hobeleisen darf stets nur wenig über die Sohle vorstehen, nur so viel, als die Spandicke (etwa $^1/_5$ *mm*) erheischt. Die Einstellung erfolgt durch leichte Hammerschläge, welche man oben auf das Eisen wirken lässt. Um das Eisen zu lockern, schlägt man kräftig gegen die Rückwand des Hobels, es lüftet sich hierdurch die Keilverbindung.

Ist das Eisen richtig eingestellt, so wird es durch den Druck der Hände, welche den Hobel führen, um die Spandicke in das Holz eingedrückt. Bei der Führung des Hobels wirkt die linke Hand vorwaltend drückend, die rechte mehr schiebend. Nur durch lange Uebung vermag man den Hobel wirklich geradlinig und horizontal zu führen. Der Laie wird stets convex hobeln, weil er bei Beginn und am Ende einen dickeren Span nimmt; die Spandicke beim Beginne, wo das Eisen gegen die Endfläche des Werkstückes stösst, ist gleich der Tiefe der Schneide unter der Sohle und sie nimmt rasch ab, wenn der Andruck zu gering ist; die Spandicke am hinteren Ende des Werkstückes ist wieder aus dem Grunde gewöhnlich grösser, weil der Hobel bereits vorragt und durch den Druck der linken Hand die Neigung hat, gegen abwärts über den Rand des Werkstückes abzugleiten. Richtige, zwangläufige Führung setzt einen geübten Arbeiter voraus.

Genau eben hobeln wird durch grössere Länge des Hobelkastens erleichtert und besitzt die sogenannte Rauhbank eine Länge von 600 bis 700 *mm*, die Fugebank eine Länge von etwa 900 *mm*.

Das Eisen kann ein einfaches Schlichteisen oder ein Doppelhobeleisen sein.

Um Feder und Nuth (▬▬ ▬▬) zu hobeln, bedient man sich des Feder- und des Nuthhobels, deren Messer dem wegzunehmenden Holze entsprechen. Die Sohle dieser Hobel muss der Form der Messer entsprechen, beziehungsweise als Gegenform des herzustellenden Stückes gebildet sein. Die Hobel sind häufig mit stellbarem Anschlag und Auflauf versehen, um die richtige Entfernung der Nuth, oder der Feder und die richtige Tiefe einstellen zu können. Sie gehören in die Classe der Simshobel.

Zum Zwecke der Bearbeitung krummer Flächen im Sinne der Krümmung bedient man sich der sogenannten Schiffhobel. Die

Sohle dieser Hobel ist in der Längenrichtung convex oder concav gekrümmt, der Hobel bewegt sich in einem Kreisbogen. Um verschiedene Krümmungen mit demselben Hobel bearbeiten zu können, sind Hobel eingeführt worden, deren Sohle aus einem biegsamen Stahlblatte besteht, welches nach der geforderten Krümmung convex oder concav eingestellt werden kann. Das Blatt ist dicht neben dem Hobeleisen an dem eisernen stark convexen Kasten angeschraubt und beide Blattenden sind mit stellbaren Stücken verbunden.

Wird das Hobeleisen mit einer krummlinigen Schneide versehen und die Hobelsohle so ausgebildet, dass der Querschnitt durch den Hobelkasten an der Sohle dieselbe Curve aufweist, so wird bei geradliniger Bewegung des Hobels eine Cylinderfläche gebildet, als deren Leitlinie die Schneide des Eisens zu betrachten ist.

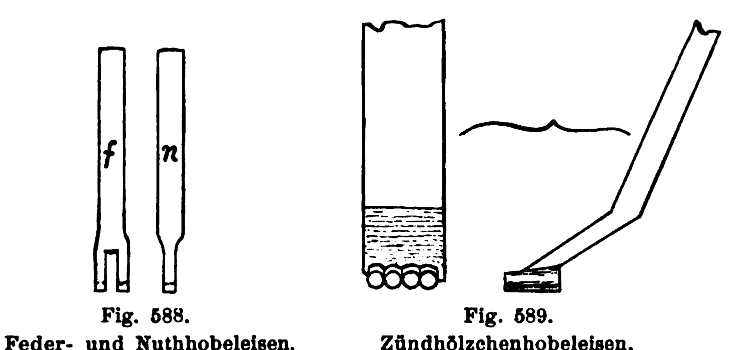


Fig. 588. Feder- und Nuthhobeleisen.

Fig. 589. Zündhölzchenhobeleisen.

Die Form der Schneide kann eine beliebige sein und lassen sich diese Hobel unter der Benennung Profil- oder Façonhobel zusammenfassen.

Die wichtigsten und häufigsten Formen benennt der Tischler besonders. Eine im Querschnitt halbkreisförmige Wulst heisst Stab, Rundstab, der Hobel Stabhobel; eine halbkreis- oder segmentförmige Vertiefung heisst Hohlkehle, der Hobel Hohlkehlhobel u. s. w.

Verschiedene Gewerbe — Böttcher, Wagner, Geigenmacher etc. etc. — benützen, ihren Sonderzwecken entsprechend, besondere Hobel, deren Zahl eine sehr grosse ist.*)

Es gibt auch Hobel, welche nicht die Aufgabe haben, bestimmte Flächen anzuarbeiten, sondern Späne bestimmter Form zu liefern.

*) Die ausführlichsten Mittheilungen finden sich bei den Artikeln Böttcherei etc. etc. in Prechtl's Technischer Encyklopädie.

Als ein hervorragendes Beispiel sei der Zündhölzchenhobel hervorgehoben, dessen Eisen aus mehreren dicht aneinander gereihten, zugeschärften Stahlröhrchen besteht.

Die vorstehende Fig. 589 zeigt das Hobeleisen in seinem unteren Theile in natürlicher Grösse.

Die brauchbaren Späne — „Zündholzdrähte" — treten nach rückwärts aus den Röhrchen, das geringe Zwischenholz bildet den Abfall.

Die Hobelkasten der besprochenen Hobel werden in Oesterreich aus Weissbuchenholz hergestellt, jene der im Werkzeughandel befindlichen amerikanischen Hobel sind aus schmiedbarem Eisengusse. Die amerikanischen Hobel unterscheiden sich insbesondere dadurch, dass das Hobeleisen eine feine Einstellung durch einen besonderen Mechanismus erhält und dass es nach dem Lösen einer Klemmung leicht aus dem Hobelkasten genommen werden kann. So vorzüglich diese Constructionen, insbesondere jene von Bayle auch sind, so haben sie doch die Handwerksgewohnheit in unseren Werkstätten nicht überwinden können und sind sehr selten anzutreffen.

Hobelmaschinen.

Die Hobelmaschinen für Metall sind principiell von den Hobelmaschinen für Holz verschieden, nicht nur der sehr verschiedenen Arbeitsgeschwindigkeit wegen, welche bei Metall etwa 100 *mm*, bei Holz hingegen 10 bis 20 *m* beträgt, sondern insbesondere deshalb, weil bei Metall die Arbeitsbewegung nach einer geraden Linie, bei der Holzbearbeitung nach Kreislinien erfolgt. Bei allen Holzhobelmaschinen sind die Messer in einem rotierenden Messerkopfe eingespannt und die einzelnen Punkte der Schneiden durchlaufen Kreise.

Die zumeist gebräuchlichen Anordnungen der Metallhobelmaschinen wurden bereits früher besprochen und können wir dieselben als bekannt voraussetzen. (Vgl. S. 451 und 452.)

Hier ist hervorzuheben, dass der Arbeitsgang mit der Schnittgeschwindigkeit, der Leergang (Rückgang) mit grösserer Geschwindigkeit erfolgt.

Die diesbezüglichen Mechanismen sind mannigfach. Bei den Hobelmaschinen mit beweglichem Tische wird der schnelle Rückgang zumeist von einem Antriebe abgeleitet, bei welchem sich drei Riemenscheiben neben einander angeordnet finden, zwei Vollscheiben und eine Leerscheibe.

Die Fig. 590 I und II stellen diesen Mechanismus schematisch dar, und zwar Fig. 590 I im Aufriss, Fig. 590 II im Grundriss. Die Riemenscheibe *I* sitzt auf der Vollachse, die Riemenscheibe *I'* auf der Hohlachse, zwischen beiden befindet sich die Leerscheibe *l*. Der Treibriemen, nur ein Riemen, wird durch eine Riemengabel geführt, welche durch einen später zu besprechenden Mechanismus selbstthätig bewegt wird. Läuft der Riemen auf der Vollscheibe *I* so geht die Bewegung vom Zahnrade *1* auf die Räder *2*, *3* und *4* über, an der Achse von *4* sitzt das in die Zahnstange *z* eingreifende Triebrad *5*. Die Zahnstange ist unten am Schlitten der Hobel-

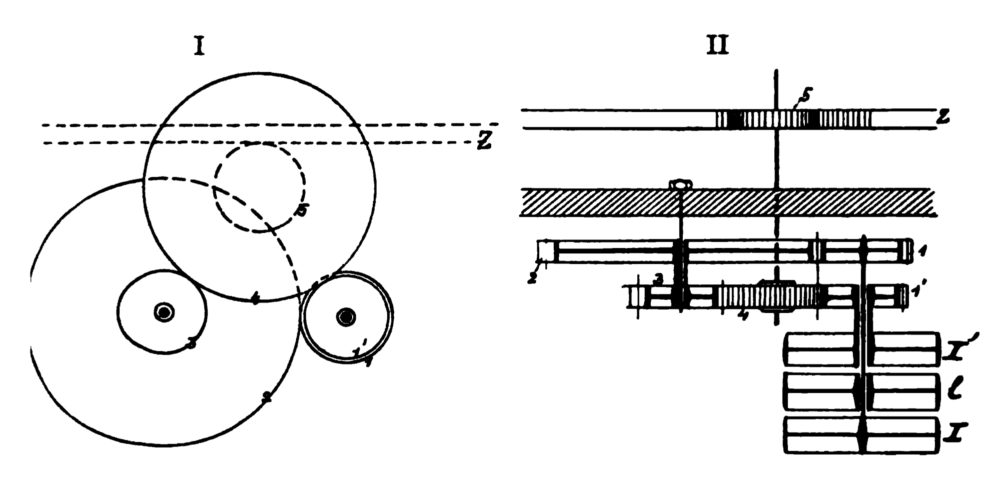


Fig. 590. Mechanismus für den schnellen Rückgang bei Hobelmaschinen mit beweglichem Tische.

maschine befestigt und da die Achse der Räder *4* und *5* fix gelagert ist, so wird durch diesen Mechanismus der Schlitten zur Arbeitsbewegung gebracht.

Läuft der Riemen auf *I'*, so treibt Rad *1'* unmittelbar das Rad *4* und hierdurch *5*, die Verschiebung des Schlittens erfolgt in der entgegengesetzten Richtung, und zwar bei entsprechender Wahl der Zähnezahlen mit grösserer Geschwindigkeit, schneller Rückgang.

Bei den Shapingmaschinen wird der schnelle Rückgang häufig durch die Whitworth'sche Kurbel (maskierte Kurbelschleife, rotierende Kurbelschleife)*) erzielt.

*) Reuleaux' Kinematik, S. 305.

Das Zahnrad *R*, Fig. 591, erhält gleichförmige Bewegung und der an *R* feste Mitnehmer *m* dreht die excentrisch gelagerte Kurbel *K*, welche mit einer Zugstange *z* den Werkzeugschlitten verschiebt. Während die Kurbel den oberen Halbkreis durchläuft, dreht sich das Zahnrad um den Winkel *a o c*, Fig. 591, für die zweite halbe Drehung der Kurbel um den Winkel 360° — *a o c*.

Mit anderen Worten, wenn der Mitnehmer *m* den Bogen *a b c* durchläuft, dreht sich die Kurbel beim schnellen Rückgang um 180°, während der Mitnehmer den Bogen *c d a* durchlaufen muss, damit die Kurbel während des Arbeitsganges die zweite Hälfte der

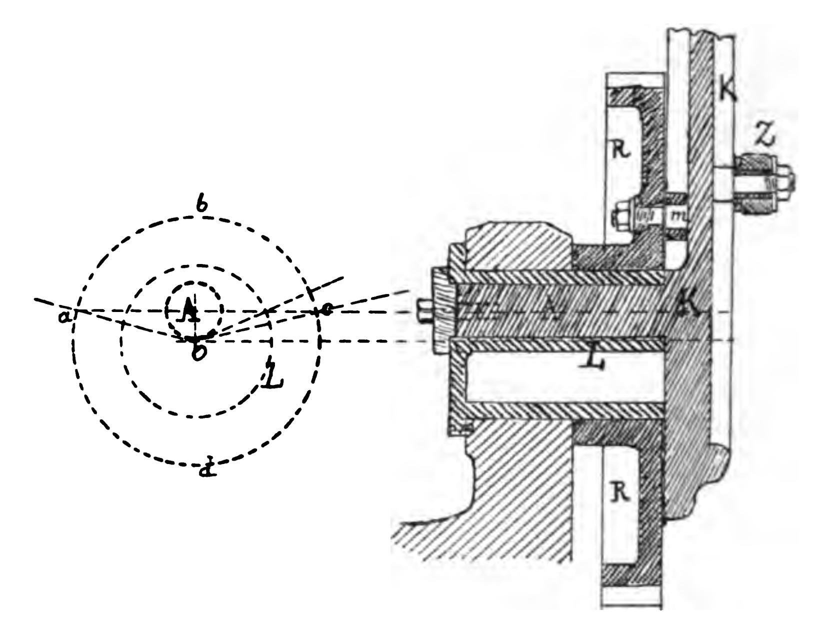


Fig. 591. Whitworth'sche Kurbel oder rotierende Kurbelschleife.

Umdrehung zurücklegt. Die Zeiten des Leer- und Arbeitsganges verhalten sich wie die Bogen *a b c* zu *c d a* oder wie die Winkel *a o c* : (360° — *a o c*).

In ihrer Wirkung leichter verständlich, aber bei Shapingmaschinen seltener in Gebrauch ist die schwingende Kurbelschleife, welche Fig. 592 darstellt.

Die Zeit des Arbeitsganges verhält sich zur Zeit des Rückganges wie Bogen *a b c* zu Bogen *c d a*.

Es ist wünschenswerth, die Länge der Arbeitsbewegung oder die Grösse des Hubes der zu behobelnden Länge des Werk-

stückes anpassen zu können. Zu diesem Ende verbindet man mit dem Schlitten, auf welchem das Werkstück bei den Hobelmaschinen der ersten Gruppe befestigt ist, zwei versetzbare Ansätze, Anschläge (Knaggen), welche auf den Umsteuerungsmechanismus der Riemengabel einwirken. Der Abstand dieser Knaggen wird der Länge des Werkstückes angepasst.

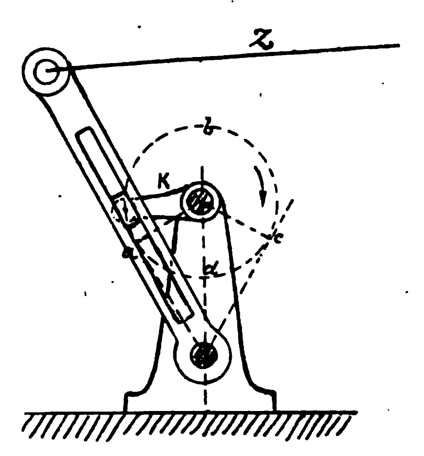


Fig. 592. Schwingende Kurbelschleife.

Der Umsteuerungsmechanismus kann sehr verschieden angeordnet sein, als ein Beispiel sei der durch Fig. 953 dargestellte gewählt. Denken wir uns den Schlitten mit dem Arbeitsstücke so weit bewegt, dass das Werkzeug bereits ausser Berührung mit dem

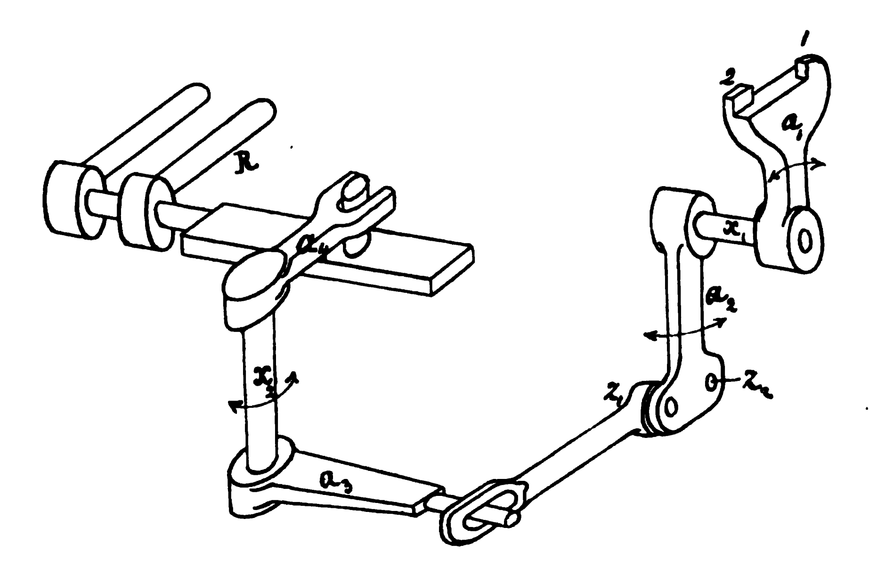


Fig. 593. Umsteuerungsmechanismus.

Arbeitsstücke gekommen ist, so stösst eine der beiden Knaggen an einen der Zähne (1 oder 2) des Armes a_1 an und dreht hierdurch den Arm um die Achse x_1, deren fixe Lagerung in der Figur nicht gezeichnet ist. Die Drehung von a_1 wird durch den Arm a_2

und die Zugstange z_1 auf a_3, x_2 und a_4 übertragen. Das gabelförmige Ende von a_4 wirkt auf die gerade geführte Stange der Riemengabel R und diese wird soweit verschoben, dass die Umkehrung der Bewegung des Schlittens erfolgt. Nach früher (S. 513, Fig. 590) ist bekannt, dass die Verschiebung des Treibriemens von I auf I' oder umgekehrt die Umsteuerung veranlasst. Es wird durch die Knaggen die Bewegung des Umsteuerungsmechanismus nur eingeleitet und durch ein Kippgewicht erst vollendet; letzteres wirkt mittelst einer Zugstange z_2 auf den Arm a_1 und werden wir dasselbe mit dem später zu besprechenden Mechanismus für die Schaltbewegung (Fig. 597) verbunden finden.

Bei den Shapingmaschinen wird der Hub des Werkzeugschlittens durch Aenderung des Kubelradius beeinflusst. Um den Kurbelradius verändern zu können, besitzt der Arm der Kurbel oder die statt desselben nicht selten angewendete Kurbelscheibe einen radialen Schlitz, in welchem der Kurbelzapfen auf den gewünschten Halbmesser, gleich dem halben Hub, eingestellt werden kann.

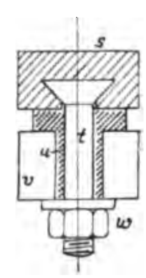
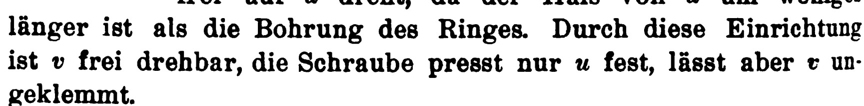


Fig. 594.

In Fig. 594 ist s der Kurbelarm im Schnitte, t der Schraubenbolzen, dessen Kopf in dem Schlitze des Kurbelarmes verschoben werden kann; über den Bolzen ist die Hülse u geschoben, welche durch Platte und Mutter w festgestellt wird. Auf die Hülse u ist der Ring v der Kurbelstange gesteckt, welcher sich frei auf u dreht, da der Hals von u um weniges



länger ist als die Bohrung des Ringes. Durch diese Einrichtung ist v frei drehbar, die Schraube presst nur u fest, lässt aber v ungeklemmt.

Wir wissen nach früher, dass bei jenen Hobelmaschinen, welche dem Werkstücke die Arbeitsbewegung ertheilen, das Werkzeug während des einzelnen Schnittes feststeht, hierauf die Schaltbewegung um die Spandicke erhält. Soll eine horizontale Ebene angearbeitet werden, so findet die Schaltung in horizontaler Richtung statt, soll eine verticale oder schräge Ebene angearbeitet werden, so wird — da diese Arbeiten seltener zu leisten sind — bei einfacher gebauten Maschinen von Hand aus (durch Kurbelrad) geschaltet, bei vollkommeneren Constructionen jedoch gleichfalls selbstthätig.

Die Fig. 595 und 596 stellen den Vertical- und Horizontalschnitt durch den Support einer Metallhobelmaschine mit horizontaler und verticaler selbstthätiger Schaltbewegung dar, nebst dem Querträger u (in Fig. 596 nur theilweise gezeichnet), welchem entlang

sich der Support horizontal verschieben lässt. Die Haupttheile des Supports sind: Der Querschlitten v, das Drehstück oder die Drehplatte w, der Verticalschlitten oder die Lyra x mit Platte y und das Meisselhaus oder das Stichelgehäuse z.

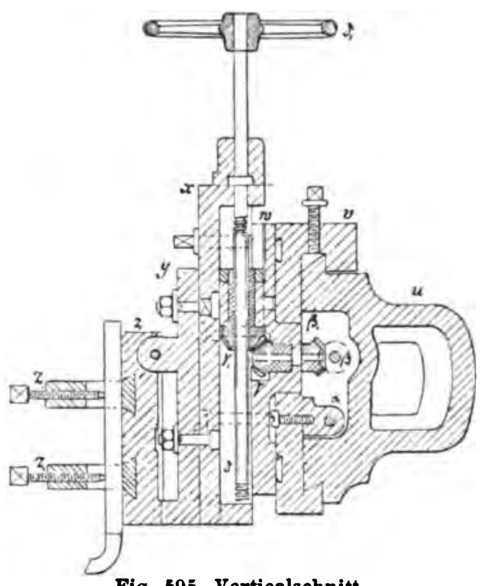


Fig. 595. Verticalschnitt.

Im Querträger ist die Schraube α gelagert, welche in eine mit dem Querschlitten verbundene Mutter eingreift. Wird α ruckweise gedreht, so wird der Querschlitten mit allen von ihm getragenen Theilen ruckweise horizontal verschoben. Des weiteren ist im Querträger, parallel zur Schraube α und oberhalb derselben, eine Nuthwelle gelagert, deren ruckweise Drehung eine ebensolche der Kegelräder $\beta\beta'$ bewirkt. Diese Kegelräder sind derart in den Querschlitten v und die Drehplatte w eingefügt, dass sie stets im Eingriffe bleiben müssen. Das Kegelrad γ' enthält das Muttergewinde für die Schraube δ, welche im Verticalschlitten x gelagert ist und daher veranlasst die Drehung von γ' die Verticalschaltbewegung des Schlittens.

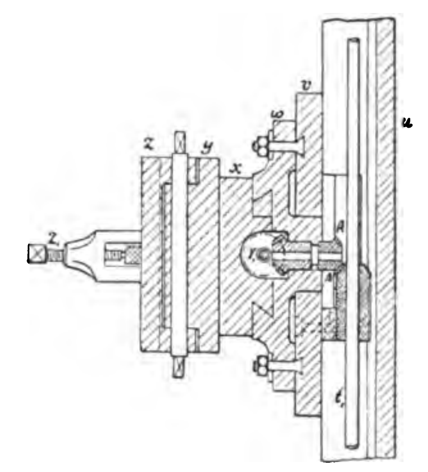


Fig. 596. Horizontalschnitt des Supports einer Metallhobelmaschine.

Ist das Drehstück w, Fig. 595 und 596, aus der normalen Lage um einen Winkel φ verdreht und dann festgestellt, so schliesst auch die Schraube δ mit dem Lothe denselben Winkel ein und Schlitten x wird schief bewegt.

Es handelt sich also um ruckweise Drehung der Schraube α für die horizontale Schaltbewegung und um ruckweise Drehung der Nuthwelle t für die verticale oder schiefe Schaltbewegung. Es ist stets angezeigt, ja der besseren Schonung des Werkzeuges

wegen nothwendig, die Schaltung dann vorzunehmen, wenn das Werkzeug ausser Berührung mit dem Arbeitsstücke ist. Dieser Bedingung wird dann von selbst entsprochen, wenn der Schaltmechanismus mit dem Umsteuerungsmechanismus in Zusammenhang gebracht ist.

Von dem Arme a_2 der Umsteuerung, Fig. 593, wird auch der Schaltmechanismus bethätigt, dieser Arm ist daher auch in Fig. 597 I gezeichnet und von ihm geht die Bewegung durch die Zugstange z_2 auf einen um C drehbaren Arm, welcher an seinem Ende das

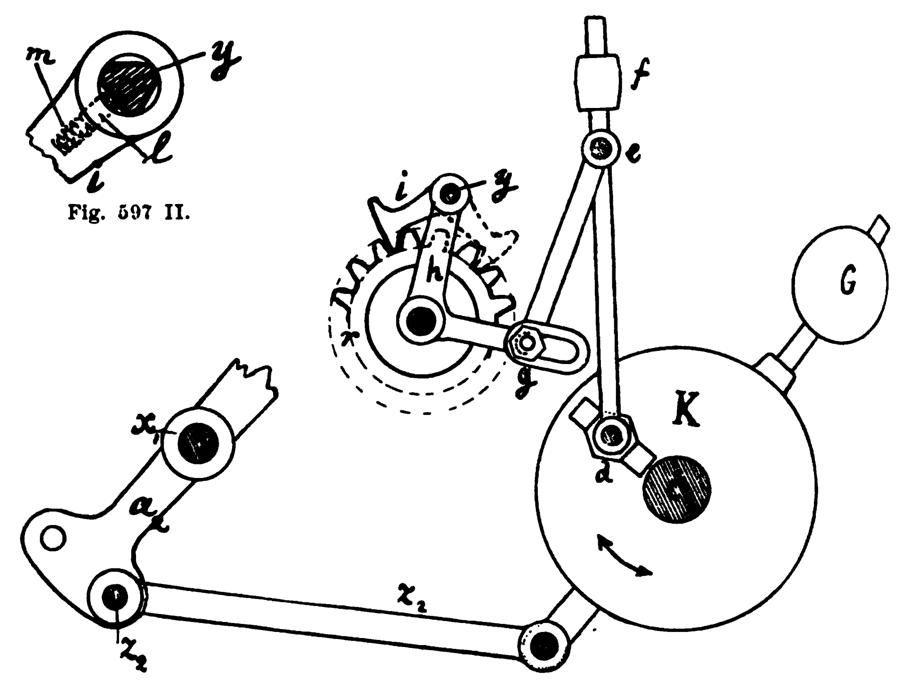


Fig. 597 II.

Fig. 597 I. Schaltmechanismus.

Kippgewicht G trägt. Mit dem Arme ist zu einem Stücke vereinigt die Kurbelscheibe K, in deren Schlitz der Kurbelzapfen d verstellt werden kann, so dass sich die Grösse des Weges von d regeln lässt.

Die Stange de geht durch das mit dem Gestelle der Maschine mittelst eines Drehzapfens verbundene Führungsstück f. Die Stange eg ist bei e gelenkig mit Stange fd verbunden, desgleichen bei g gelenkig mit dem Winkelhebel gh. Man kann aber nach Bedarf das Gelenk g im Schlitze des Hebels einstellen. Man hat somit zwei Einstellungen, eine im Kurbelschlitze, die zweite im Schlitze des

Winkelhebels zur Verfügung und kann die Schwingungsweite des Hebelendes *y* so wählen, dass der Sperrkegel *i* das Schaltrad *r* nach Bedarf um einen, zwei oder drei Zähne dreht.

Die Form der Zähne des Schaltrades *r* und des Sperrkegels (Schiebklaue, Schalthaken) *i* ist hier so gewählt, dass man nach Bedarf in dem einen oder anderen Sinne schalten kann, je nachdem man *i* in die voll oder punktiert gezeichnete Lage bringt. Will man die Schaltung ganz unterbrechen, so bringt man den Sperrkegel in radiale Lage.

Damit der Sperrkegel in radialer Stellung verbleibt und damit er, wenn eingeklinkt, sicher in die Zähne des Schaltrades einfällt, ist der Drehzapfen des Sperrkegels, wie Fig. 597 II zeigt, mit drei ebenen Flächen, je unter 60° zu einander geneigt, versehen und in eine Bohrung von *i* eine Schraubenfeder *m* und ein Klötzchen *l* eingesetzt. Das Klötzchen *l* wird infolge des Federdruckes stets an der Oberfläche des Zapfens anliegen, bei einer Drehung des Sperrkegels aber auf dem Bolzen jene Bewegungen ausführen, welche durch die unrunde Form des Zapfens bedingt sind. Die drei ebenen Flächen entsprechen den drei Hauptstellungen des Schalthakens und ihre Wirkung ist die verlangte.

Diese sinnreiche Einrichtung findet sich bei den Schaltmechanismen der verschiedensten Werkzeugmaschinen wieder.

Die Schaltung der früher erwähnten Nuthwelle *t* kann von derselben Stange *eg*, Fig. 597, abgeleitet sein, oder es wird mit der Stange *de* eine zweite, gleichartig wie *eg*, verbunden. Dass die Stange *de* über *f* so weit fortgesetzt sein muss, als der grösste Durchmesser des Kurbelkreises verlangt, ist wohl an sich klar, Raumersparniss rechtfertigt die Verkürzung.

Die das Meisselhaus tragende Platte *y* ist bei vielen Supportconstructionen mit dem Verticalschlitten *x*, Fig. 595, so verbunden, dass sie verdreht werden kann, wodurch auch das Meisselhaus und das Werkzeug eine schiefe Stellung erhält, welche in manchen Fällen den Angriff des Werkzeuges erleichtert. Das Meisselhaus ist stets um eine horizontale Drehachse beweglich, damit beim Rückgange (Leergange) das Werkzeug über das Arbeitsstück nur mit jenem geringen Drucke schleift, mit welchem sich das Meisselhaus vertical einzustellen sucht.

In Fig. 598 sei noch der Verticalschnitt durch eine Feilmaschine dargestellt, welche sowohl zum Plan- als Rundhobeln eingerichtet ist. Der Tisch cc_1 lässt sich durch c_2 vertical verstellen, eine andere Bewegung kann demselben nicht gegeben werden, er erhält also nur eine Einstellbewegung. Die Theile *w*

w_1 w_2 dienen zum Rundhobeln, sie sind theilweise entfernt, wenn die Maschine zum Planhobeln verwendet wird.

Wird eben gehobelt, so erhält der Werkzeugschlitten *e* die Arbeits- und Schaltbewegung, denn die Platte *d* nebst ihrem Ausleger d_1 wird durch die Schraube v_1 längs des Bettes ruckweise verschoben und durch die Theile *g* *h* h_1 und *K* erhält der Schlitten

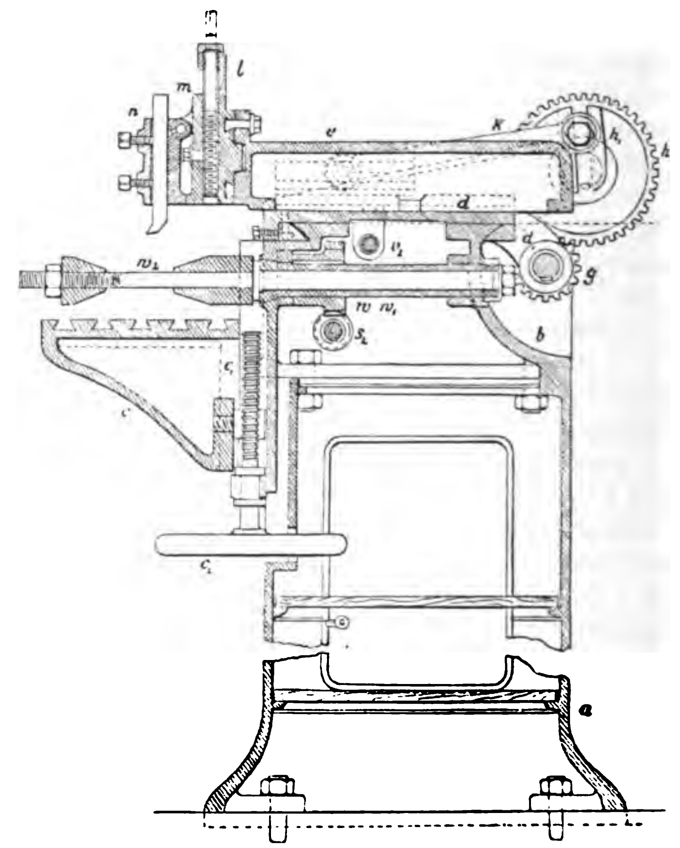


Fig. 598. Feil- oder Shapingmaschine.

die Arbeitsbewegung. Die Länge derselben (Hobellänge) lässt sich durch entsprechende Einstellung des Kurbelzapfens im Schlitze h_1 dem Arbeitsstücke anpassen, und zudem lässt sich das Ende der Kurbelstange in einem Schlitze von *e* so einstellen, dass der Werkzeugschlitten seine Bewegung näher oder weiter vom Maschinenmittel ausführt.

Wird der Rundhobelapparat benützt, so wird die Schaltbewegung auf die Schraube v_1 ausgerückt, dafür aber die Schnecke

s_2 geschaltet. Die ruckweise Drehung von s_2 bewirkt eine ebensolche Drehung des Mutterrades w, der Hohlwelle w_1 und der mit derselben gekuppelten Spindel w_2. Mit dieser Spindel wird durch kegelförmige Hilfsstücke das Arbeitsstück, welches eine Bohrung besitzen muss, verbunden. Die in unserer Figur gewählten Buchstaben sind jene, welche sich im Werke von Hart, Taf. 44, vorfinden, welche Tafel die vollständige Darstellung dieser Maschine enthält; dasselbe gilt von unseren Figuren 595 und 596, beziehungsweise Tafel 38 des erwähnten Werkes (II. Auflage).

So verschieden auch die Gestaltung der Werkzeuge sein kann, welche an den Hobelmaschinen benützt werden, so sollte doch immer darauf gesehen werden, dass die durch den Widerstand des Materials bedingte Durchbiegung kein tieferes Eindringen des Werkzeuges in das Material zur Folge haben kann. Es wird sofort einleuchten, dass die Gestaltung, Fig. 599 I, fehlerhaft, hingegen II richtig ist.

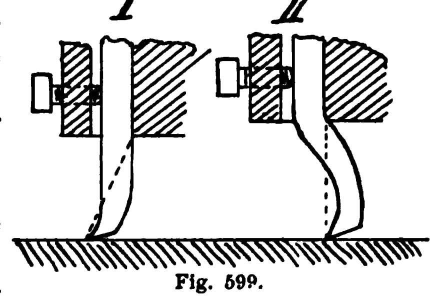


Fig. 599.

Mit den Metallhobelmaschinen in der Wirkungsweise nahe verwandt sind die Stossmaschinen, deren gewöhnliche Anordnung bereits besprochen wurde (S. 452).

Der Werkzeugschlitten macht die verticale Bewegung; die Höhe des Hubes oder die Stosslänge lässt sich durch entsprechendes Einstellen des Kurbelzapfens im Schlitze der Kurbel oder der Kurbelscheibe nach Bedarf regulieren. Die Stosslänge wird etwas grösser als die zu bearbeitende Höhe des Werkstückes gewählt, und während das Werkzeug über dem Arbeitsstücke, mithin ausser Berührung mit ihm steht, findet die Schaltbewegung statt.

Bei der Mehrzahl der Stossmaschinen kann der Tisch keine verticale Einstellbewegung erhalten. Um den Werkzeugweg den verschiedenen Anforderungen der Arbeit besser anpassen zu können, ist der Schlitten mit einer Längsnuth versehen, in welcher der Bolzen für das zweite Auge der Kurbelstange verstellt werden kann.

Hierdurch ist es möglich, den Schlittenhub in ein höheres oder tieferes Niveau zu verlegen.

Man kann also die Höhe des Hubes und den Ort des Hubes (ob im höheren oder tieferen Niveau) nach Bedarf verändern.

Die Verbindung des Werkzeuges mit dem Schlitten ist gewöhnlich eine starre und reibt sich daher das Werkzeug beim

Hub an dem Arbeitsstücke. Ausnahmsweise sind jedoch auch Anordnungen angewendet, welche dem Werkzeug beim Hube ein Ausweichen gestatten. Ein drehbares Meisselhaus, ähnlich jenem an Feilmaschinen, lässt sich gewöhnlich nicht anwenden, doch kann man Anordnungen treffen, welche ein Abziehen des Werkzeuges von der Arbeitsfläche beim Hub besorgen.*)

Holzhobelmaschinen.

Jene Maschinen, welche unter der Benennung Holzhobelmaschinen zusammengefasst werden, arbeiten sämmtlich mittelst rasch rotierender Messer; die Messerköpfe machen 1000 bis 4000 Touren, je nach dem Durchmesser jener Kreise, welche die einzelnen Punkte der Werkzeugschneide durchlaufen, so dass die Schnittgeschwindigkeit etwa 20 *m* beträgt.

Auf Holz arbeitende Maschinen, welche Aehnlichkeit mit den Metallhobel- und Feilmaschinen besitzen, dienen anderen Zwecken. So wird zur Herstellung sehr dünner Fourniere, das sind dünne Blätter aus Holz, die Fournierschneidemaschine angewendet, bei welcher ein parallelopipedisches Holzstück, auf einem Schlitten befestigt, gegen ein festgestelltes Messer bewegt wird. Das Messer ist unter einem Schneidwinkel von etwa 35° und einem Aufsetzwinkel von 70° angestellt und trennt ein Holzblatt der ganzen Breite des Klotzes nach ab. Damit kein Knicken des dünnen Holzblattes eintritt, wird das Holz früher in Wasser eingelegt und dadurch zäh gemacht. Dem Werkzeuge wird die Schaltbewegung gegeben. Die Schnittgeschwindigkeit beträgt nur bei 200 *mm*.

Zum Zwecke der Herstellung von Holzwolle, d. i. dünner langer und schmaler Holzspänchen, werden Maschinen verwendet, welche insofern einige Aehnlichkeit mit den Feilmaschinen aufweisen, als die Messer geradlinige Arbeitsbewegung mit 1 bis 2 *m* Geschwindigkeit machen. Die Messer bestehen aus mehreren vertical einschneidenden Vorschneidern und einem handhobelähnlich wirkenden Hauptmesser. Dem Werkstücke kann die Schaltbewegung gegeben werden.

Die eigentlichen Holzhobelmaschinen arbeiten mit rotierenden Messern und die gewöhnlichste Form des die Messer tragenden Messerkopfes ist eine solche, dass die einzelnen Schneidepunkte der Messer eine Rotationsfläche durchlaufen, welche zur Fläche eines Kreiscylinders wird, wenn eine ebene Fläche angearbeitet werden soll.

*) Construction der Maschinenfabrik Oerlikon, Grafenstaden u. a.

Zuweilen werden zum eben hobeln auch Hobelmaschinen angewendet, bei welchen ein scheibenförmiger Messerkopf an das freie Ende der Rotationsachse gesetzt ist. Die Messer überragen die Stirnfläche der Scheibe und falls ihre Schneiden geradlinig gestaltet sind, so durchlaufen sie bei der Rotation eine ebene Fläche. Die Zuführung des Werkstückes erfolgt so, dass die Bewegungsebene der Messer zur Anarbeitungsebene des Werkstückes wird. Von diesen Hobelmaschinen wird insbesondere in der Parquettenfabrication Anwendung gemacht.

Bei den gewöhnlichen Holzhobelmaschinen bewegen sich die einzelnen Punkte der Werkzeugschneide in einer Rotationsfläche, welche zum Zwecke der Herstellung einer ebenen Anarbeitungsfläche zur Kreiscylinderfläche wird.

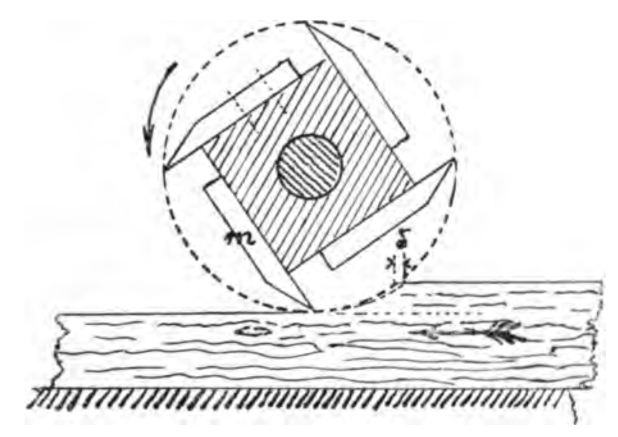


Fig. 600. Zeigt die Zuführungsrichtung bei Holzhobelmaschinen.

So verschieden auch die constructive Durchbildung der Holzhobelmaschinen ist, so stimmen sie darin überein, dass der Messerkopf am Orte rotiert und das zu behobelnde Holz ihm zugeschoben wird. Stellt Fig. 600 einen rotierenden Messerkopf vor, so soll die Zuführung des Holzes in der Richtung des Pfeiles erfolgen, weil bei dieser Zuführungsrichtung das Messer die Späne derart nimmt, dass die Spandicke von Null allmählich wächst. Würde die Zuführung in entgegengesetzter Richtung erfolgen, mithin auf der linken Seite unserer Figur das Brett die grössere Dicke besitzen, so würde das Messer anfänglich einen dicken, späterhin dünner werdenden Span abtrennen und sowohl der zu überwindende Widerstand ein grösserer sein, als auch ein Stoss den Beginn des Schneidens einleiten.

Infolge der grossen Tourenzahl des Messerkopfes und der Anwendung meist mehrerer Messer kommen viele Schnitte (2000 bis 12.000) auf die Minute, und würde jeder Schnitt durch einen Stoss eingeleitet, so summieren sich die Stösse zu einer nachtheiligen Vibration des Messerkopfes.

Allerdings arbeitet der Messerkopf bei beiden Richtungen der Zuführung, doch ist die in Fig. 600 angegebene entschieden vortheilhafter.

Dreht sich der mit 4 Messern versehene Messerkopf mit 1000 Touren, so kommen 4000 Schnitte auf die Minute. Wird in dieser Zeit das zu hobelnde Brett um 2 *m* zugeschoben, so entfällt auf einen Schnitt eine Länge von $^1/_2$ *mm*. Es ist daher die Spandicke, in der Richtung des Vorschubes gemessen, im Maximum $^1/_2$ *mm*, also ziemlich bedeutend, und muss es für die Arbeit von Einfluss sein, ob der Span von der schwachen oder dicken Seite angefangen genommen wird.

Die ausserordentlich rasche Rotation erheischt auch einen Messerkopf, dessen Rotationsachse zugleich eine freie Achse ist (vgl. S. 214), und eine vorzügliche Lagerung z. B. in Ringlagern (S. 461).

Die Zuführung des zu hobelnden Werkstückes kann entweder dadurch erfolgen, dass das Werkstück auf einem bewegten Schlitten aufruht und mit diesem unter dem Messerkopfe hingeführt wird, oder es erfolgt die Zuführung mittelst Walzen, von welchen zwei Paare geriffelter Walzen vor dem Messerkopfe und ein oder zwei Paare glatter Walzen hinter dem Messerkopfe angeordnet sind.

Die Zuführung muss stets so erfolgen, dass das Werkstück die genügende Stützung und Haltung erfährt, welche Vibrationen desselben ausschliessen. Bei einer Schlittenzuführung muss der Schlitten hinreichend kräftig gebaut und das Holz mit dem Schlitten fest verbunden sein; bei Walzenzuführung sind die Oberwalzen kräftig gegen das Werkstück zu drücken, auch wendet man zuweilen Druckleisten an, unter welchen das Werkstück hingeht und die dasselbe niederdrücken.

Sollen Bretter eben gehobelt werden, so müssen die Messerschneiden eine Cylinderfläche durchlaufen, also sämmtliche Schneidenpunkte in einem Kreiscylinder liegen.

Die Messer können ebene Platten mit geradliniger Schneide sein, es ist dies der gewöhnlichste Fall; hierbei lässt sich ein im Querschnitt quadratischer, der Form nach prismatischer Messerkopf verwenden. Bei dem Aufschrauben der Messer ist wohl

darauf zu achten, dass die Schneiden der vier (oder zwei) Messer ganz genau gleichweit von der Umdrehungsachse abstehen und mit ihr parallel sind.

Man kann sich zu diesem Zwecke einer an den Messerkopf anzusetzenden Distanzschiene bedienen.

Die Messer können jedoch auch elliptische oder schraubenförmige Schneiden besitzen und haben diese Messerformen den Vortheil, dass die einzelnen Schneidenpunkte nicht gleichzeitig, sondern hinter einander zur Wirkung gelangen, daher der Schnitt ein ruhigerer wird.

Denken wir eine Kreiscylinderfläche durch eine zur Achse geneigte Ebene geschnitten, so ist bekanntlich die Schnittcurve eine Ellipse. Schliesst die Achse mit der Schnittebene einen kleinen Winkel ein, so wird die Ellipse lang gestreckt. Man wird nur den wenig gekrümmten Theil der Ellipse als Curve für die Messerschneide benützen. Der Messerkopf muss so ausgebildet sein, dass sich an ihm ebene Flächen zum Anspannen der Messer vorfinden, welche zur Rotationsachse dieselbe Neigung haben als jene Ebene, mit welcher die Kreiscylinderfläche geschnitten gedacht wurde. Zur genauen Instandhaltung der richtigen Form der Messer muss eine Schleifvorrichtung vorhanden sein, welche aus einer geometrisch richtig construierten Bogenführung eines Schlittens besteht, in welchem das Messer unter richtigem Winkel gegen den Schleifstein angestellt und eingespannt ist.*)

Die Anwendung schraubenförmiger Messer hat sich weit mehr eingeführt. Der Messerkopf ist im Querschnitte quadratisch und ist so schraubenförmig gewunden, dass er einem Viertel- oder halben Gange entspricht. Die Seitenflächen des Messerkopfes, an welchem die Messer anzuschrauben sind, haben daher die Gestalt ausserordentlich steiler Schraubenflächen; nach diesen müssen daher auch die Messer gekrümmt sein und ihre Schneidkanten sind Schrauben derselben Ganghöhe. Auch hier erfordert das richtige Nachschleifen eine Schleifmaschine specieller Einrichtung, aber der Vortheil, welchen man mit solchen Hobelmaschinen erreichen kann, ist ein noch grösserer als bei Anwendung der elliptischen Messer, denn hier ist während der ganzen Umdrehung des Messerkopfes theoretisch — d. h. von Ungleichförmigkeiten des Holzes abgesehen — ein constanter Arbeitswiderstand vorhanden, weil die Berührung der Schneiden mit der Hobelebene stets in einem Punkte stattfindet. Damit diese Berührung stets in

*) Genaue Beschreibung dieses Apparates findet sich in den Technischen Blättern 1870, S. 257 und Taf. 14.

einem Punkte erfolgt, muss das nachfolgende Messer zu schneiden beginnen, wenn das vorhergehende zu schneiden aufhört und deshalb muss die Steigung eine solche sein, dass bei vier Messern mindestens ein viertel Gang, bei zwei Messern mindestens ein halber Gang auf die Messerkopflänge entfällt.

Für die Arbeit ist es principiell gleichgiltig, ob die obere oder die untere Brettfläche behobelt wird. Eine Anordnung, bei welcher die untere Fläche bearbeitet wird, zeigt Fig. 601.

Die Betrachtung dieser Figur lässt sofort erkennen, dass die Platte p_2 tiefer liegen muss als die Platte p_1. Richtet man p_1 vertical verstellbar ein, so hat man es in seiner Macht, die Tiefe (Höhe) der abzuhobelnden Schicht zu regulieren.

Holzhobelmaschinen werden häufig so eingerichtet, dass das durch die Maschine geführte Brett auf allen vier Seiten gleichzeitig bearbeitet wird.

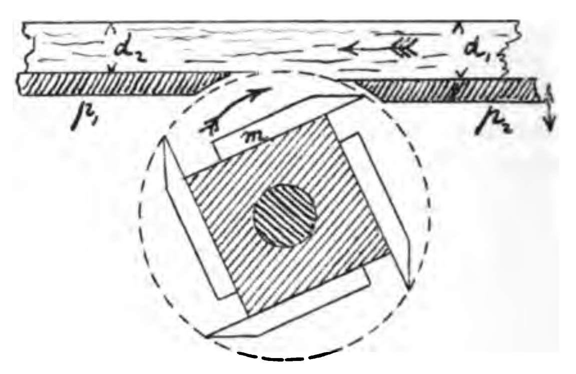


Fig. 601. Hobeln von der Unterseite.

Zu diesem Zwecke stehen vier Messerköpfe in gleichzeitiger Thätigkeit, zwei mit horizontalen und zwei kleinere mit verticalen Achsen. Erstere bearbeiten die breiten, letztere die schmalen Brettflächen. Entsprechend den verschiedenen Abmessungen der Bretter ist die Achse des oberen Messerkopfes und die Achse eines der seitlich arbeitenden Messerköpfe in verstellbaren Lagern gelagert, so zwar, dass die Achsenverstellung parallel zu sich selbst erfolgen kann.

Werden die Messerköpfe, welche die Seitenflächen bearbeiten, mit Messern versehen, welche dem Feder- und Nuthhobel entsprechen, so wird man das Brett oben und unten eben hobeln, auf der einen Seite mit Feder, auf der zweiten mit Nuth versehen.

Für die Anarbeitung von Zapfen und Nuthen an den Enden von Latten, Pfosten und Balken bedient man sich besonderer

Hobelmaschinen, bei welchen das Werkstück festgehalten wird, hingegen der Messerkopf sowohl die Arbeits- als die Schaltbewegung erhält.

Es unterliegt keinen Schwierigkeiten, mit einem Messerkopfe ein profiliertes oder façonniertes Messer zu verbinden und hiermit profilierte Arbeitsstücke herzustellen. Hiervon macht man sowohl in der Tischlerei als der Rahmenfabrication ausgedehnte Anwendung. Die Achse des Messerkopfes ist gewöhnlich vertical angeordnet und ragt der Messerkopf über einer eisernen Tischplatte vor, auf welcher das Arbeitsstück zugeschoben wird. Zur besseren und sichereren Führung des Werkstückes dienen einstellbare Schienen, längs welchen der Vorschub, meist von Hand aus, erfolgt.

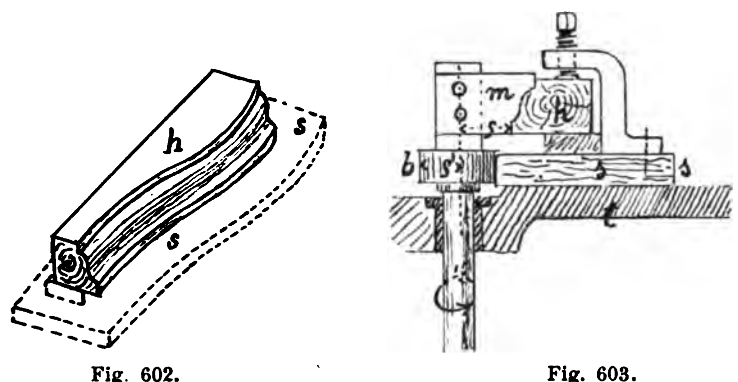


Fig. 602. Fig. 603.
Herstellung profilierter Stücke.

Damit die Hand des Arbeiters nicht in Berührung mit dem kreisenden Messer kommen kann, ist eine Schutzkappe entsprechender Form über dem Messerkopfe anzubringen, welche nur so weit ausgeschnitten ist, als es die Zuführung des Holzes verlangt.

Diese Hobelmaschinen gestatten auch die Herstellung mannigfach profilierter Holzstücke gekrümmter Form, wenn die Krümmung eine solche ist, dass die Erzeugenden der profilierten Fläche ebene Curven sind. Fig. 602 stellt in *h* ein solches Stück dar, von welchem mehrere gleiche Stücke herzustellen wären.

Zunächst ist für die Hobelmaschine ein Messer *m*, Fig. 603, anzufertigen, welches der Profillinie (Leitlinie) der herzustellenden doppelt gekrümmten Fläche entspricht. Sodann ist ein Brett, Schablone *s*, vorzurichten, dessen Seitenwand so gekrümmt ist, dass ihre Horizontalprojection eine äquidistante Curve zu der herzu-

stellenden Krümmung bildet. Die hierbei zu wählende Distanz entspricht der Differenz der Radien ϱ des Messers und ϱ' des an der Messerkopfachse angebrachten Bundes *b*. An die Schablone *s* wird das durch Sägen vorgearbeitete Holz *h* mittelst geeigneter Klemmungen befestigt und das Ganze hierauf dem rotierenden Messerkopfe von Hand aus so zugeführt, dass die Schablone *s* am Bunde *b* der Messerwelle stetig anliegt und somit ihre Führung findet.

Die Schablone *s* und die Klemmen sind nicht selten in der Gestalt eines niedrigen Kästchens ausgeführt. Die Gestaltung kann einfach und doch mannigfaltig sein. Für die Praxis sind diese Curvenschablonen bei Massenerzeugung von ausserordentlichem Werthe, doch lohnen sie sich schon bei Herstellung weniger gleicher Stücke.

Zum Zwecke der Massenerzeugung mannigfacher zusammengesetzter Formen, z. B. Radspeichen, Gewehrschäfte, Schuhleisten u. dgl. bedient man sich der sogenannten Copiermaschinen, deren arbeitende Werkzeuge rasch rotierende Messerköpfe sind, welche daher wie Hobelmaschinen wirken.

Mit einem Schlitten, welcher sehr langsame Längsbewegung macht, sind eine Metallschablone (Metallmodell) und die zu bearbeitenden Stücke verbunden, und zwar so, dass sich alle diese Stücke gleichmässig und langsam um ihre Längsachsen drehen, welche parallel zur Richtung der Schlittenbewegung und in gleicher Ebene liegen.

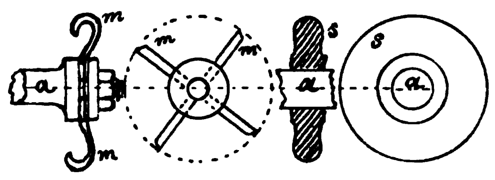


Fig. 604.

In einem beweglichen Rahmen rotieren ferner so viele Messerköpfe um dieselbe geometrische Achse, als Werkstücke zu bearbeiten sind. Diese Messerköpfe liegen über den Arbeitsstücken. Ueber dem Metallmodell und auf demselben ruht eine Rolle, deren Durchmesser und Profil mit den Messerköpfen übereinstimmt. Fig. 604 zeigt in *s* Ansicht und Schnitt durch die Rolle, in *m* Ansicht und Schnitt durch den Messerkopf.

Die Rolle ist im Rahmen so angebracht, dass ihre Achse und jene der Messerköpfe in dieselbe gerade Linie fällt.

Aus dieser Anordnung folgt, dass die Achse der Messerköpfe von der Achse der Arbeitsstücke stets jenen Abstand haben muss,

welchen die Achse der Rolle von der Achse des Modells einnimmt. Denken wir uns nun den Schlitten langsam bewegt und zugleich Modell und Arbeitsstücke gleichmässig um ihre Achsen gedreht, so wird die Rolle, entsprechend den verschiedenen Radien des Modelles, verschiedene Höhenlage annehmen müssen. Dieselbe Höhenlage nehmen aber auch die Messerköpfe ein, weil sie mit der Rolle in demselben beweglichen Rahmen, an derselben geometrischen Achse angebracht sind; demnach müssen die Messerköpfe die Werkstücke derart ausbilden, dass sie zu genauen Copien des Modelles werden.

Stemmaschinen. So wie die Stossmaschinen im Anschlusse an die Metallhobelmaschinen behandelt wurden, so dürfen die

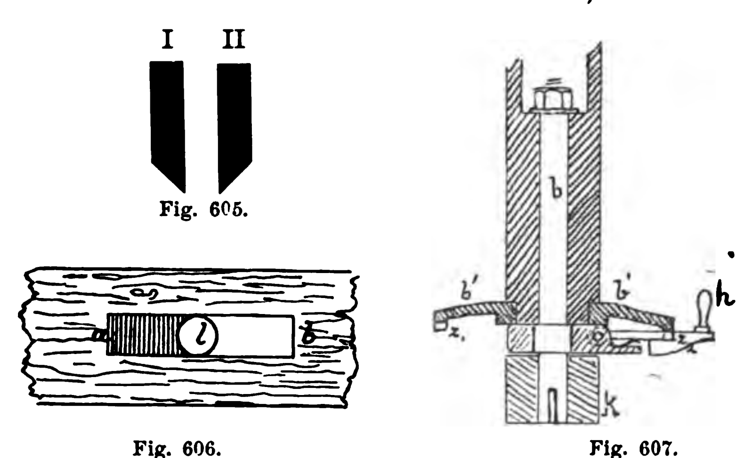


Fig. 605.

Fig. 606.

Fig. 607.

Stemmaschinen im Anschlusse an die Holzhobelmaschinen besprochen werden, obwohl sie in ihrer Construction den Stossmaschinen weit näher als den Holzhobelmaschinen stehen.

Das Werkzeug ist ein Stemmeisen, Lochbeitel oder Viereisen und ist an einem vertical bewegten Schlitten, welcher in der Minute 130—200 Hübe macht, derart drehbar befestigt, dass das Werkzeug aus der Lage I, Fig. 605, rasch in die Lage II gebracht, d. h. genau um 180° gedreht werden kann. Der Zweck dieser Umstellung des Werkzeuges ist der, von einem vorgebohrten Loche l, Fig. 606, zuerst nach a, dann gegen b stemmen und so ein rechteckiges Zapfenloch bilden zu können. Die Vorrichtung für diese Werkzeugwendung ist aus Fig. 607 ersichtlich, und wird es genügen zu bemerken, dass ein Zahn des federnden Armes h in der richtigen Stellung in einen Ausschnitt z_1, z_2 einspringt und gehalten wird. Der Schlitten erhält die Verticalbewegung durch Kurbel und

Kurbelstange. Das Werkstück erhält mit dem Wagen, auf welchem es befestigt ist, die ruckweise Schaltbewegung, welche von einem Nuthcylinder an der Kurbelachse abgeleitet wird.

III. Bohren.

Verwandelt man das Material, welches einen cylindrischen Raumtheil des Werkstückes ausfüllte in Späne, welche man entfernt, so spricht man von „bohren aus dem Vollen" oder von Bohren im engeren Sinne. Den gebildeten Hohlraum nennt man Bohrloch, das Werkzeug heisst Bohrer und macht in der Regel sowohl die Arbeitsbewegung als die Schaltbewegung. Erweitert man einen cylindrischen Hohlraum mittelst rotierender Werkzeuge gleichmässig dadurch, dass man von der Lochwand Späne abtrennt, so wird diese Arbeit ausbohren genannt.

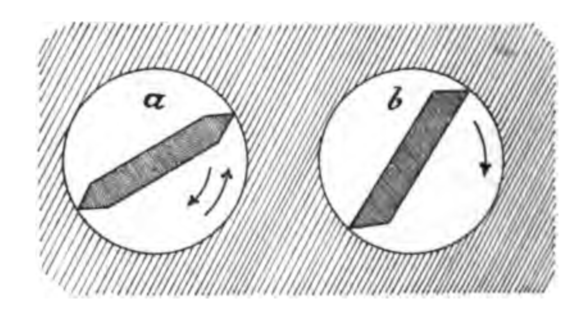


Fig. 608.
Bohren mit zweischneidigem und einschneidigem Bohrer.

Bohrer für Metall. Man pflegt diese Werkzeuge einzutheilen in zweischneidige und einschneidige Bohrer, worunter man versteht, dass der Bohrer nach beiden oder nur nach einer Bewegungsrichtung schneidet. Die vorstehende Fig. 608 stellt den Normalschnitt durch zwei Bohrer nahe dem Bohrlochboden vor, von welchen *a* ein zweischneidiger, *b* ein einschneidiger Bohrer ist.

Ebenso stellen die Fig. 609 und 610 sehr gebräuchliche Formen zwei- und einschneidiger Bohrer vor. Eine Vergleichung dieser Figuren mit Fig. 608 wird sofort klar machen, dass von Schneiden nur bei der zweiten Bohrerform, die Rede sein kann. Die Form Fig. 610 II ist vorzüglich, doch wird sie nicht häufig angetroffen, weil die Herstellung der kleinen Façette bei *u* mit nicht unbedeutenden Schwierigkeiten verbunden ist.

Eine gute Bohrerform, eingeführt durch Director Werder, zeigt Fig. 611, doch macht der Zuschliff, welcher genau sein soll, einige Schwierigkeit.

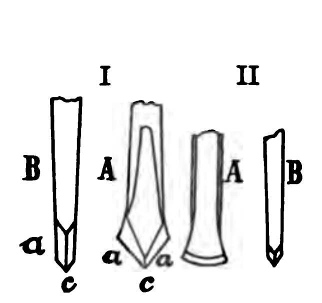


Fig. 609. Zweischneidige Bohrer.

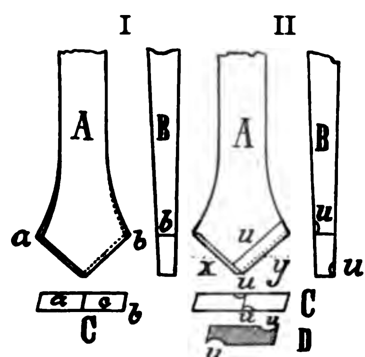


Fig. 610. Einschneidige Bohrer.

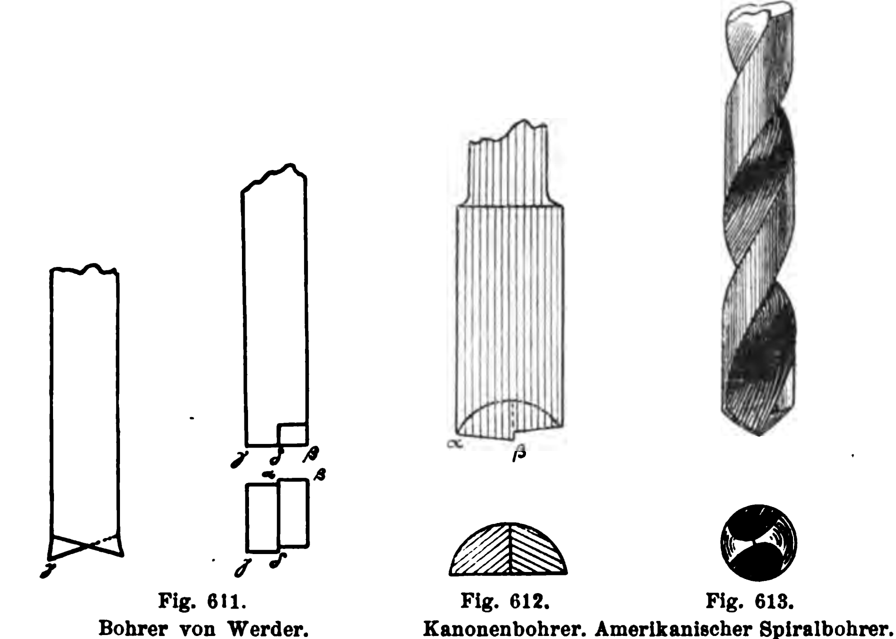


Fig. 611. Bohrer von Werder.

Fig. 612. Kanonenbohrer.

Fig. 613. Amerikanischer Spiralbohrer.

Der sogenannte Kanonenbohrer ist durch Fig. 612 dargestellt, $\alpha\,\beta$ ist die schneidende Kante. Der halbcylindrische Schaft gibt dem Bohrer in dem auf eine gewisse Tiefe durch Ausdrehen oder Vorbohren hergestellten Loche Führung.

Ein ausgezeichneter Bohrer ist der amerikanische Spiralbohrer, welchen Fig. 613 zeigt. Er besitzt zwei schneidende Kanten,

welche zur Achse gleiche Neigung haben und welche durch eine dritte kurze, die Achse normal schneidende, nur schabend wirkende Kante verbunden sind. Die beiden schraubenförmigen Nuthen befördern die Späne aus dem Bohrloche; die Cylinderfläche des Schaftes gibt dem Bohrer gute Führung.

Dieser Bohrer ist unbestritten der beste Metallbohrer, doch erfordert seine Instandhaltung die Anwendung einer speciellen Schleifmaschine. Bei einem Nachschleifen aus freier Hand werden nicht nur die Schneidkanten ungleich, sondern es fällt auch das nothwendige Hinterschleifen zu ungenau aus. Nur sehr genau geschliffene Bohrer arbeiten mit beiden Schneiden und werden die Späne dann in beiden Spiralnuthen ausgefördert; sehr häufig findet man aber auch bei ihm nur einseitige Wirkung. Als minutliche Umdrehungszahl wird für diese Bohrer empfohlen: $n = \frac{1500}{d}$ für Stahl, $n = \frac{2300}{d}$ für Eisen und $n = \frac{4000}{d}$ für Bronze, wobei der Bohrerdurchmesser d in *mm* gemessen ist.

Würde man die Tourenzahl der Bohrer mit Rücksicht auf die auf S. 443 angegebene mittlere Schnittgeschwindigkeit für Eisen von 100 *mm* pro 1 Secunde bestimmen, so folgt aus der Gleichung $\frac{\pi d n}{60} = 100$, $n = \frac{1900}{d}$, also eine etwas geringere Tourenzahl, was nicht wundernehmen kann, weil in der Gleichung $\frac{\pi d n}{60} = 100$ nicht die mittlere, sondern die Umfangsgeschwindigkeit der Bohrerschneide eingesetzt ist. Im übrigen ist die Uebereinstimmung eine vorzügliche und zeigt den innigen Zusammenhang der verschiedenen Methoden der Abtrennung von Spänen.

Ungleiche Wirkung der Bohrerschneiden findet bei gewöhnlichen Bohrern sehr häufig statt; der Bohrer bekommt dadurch die Neigung seitlich auszuweichen, zu „verlaufen". Die Bohrung wird hierdurch ungenau.

Bei manchen Arbeitsstücken handelt es sich um genauen Parallelismus der gebohrten Löcher und in diesem Falle ist die Anwendung der amerikanischen Spiralbohrer und deren richtige Verbindung mit der Bohrspindel der Bohrmaschine (s. u.) nothwendig. Müssen überdies die Bohrlochachsen wie bei Gewehrbestandtheilen u. dgl. in einem ganz bestimmten Abstande voneinander liegen, so empfiehlt es sich, das Werkstück in ein genau passendes Futter zu spannen, in welchem sich kleine

gehärtete Büchsen an jenen Stellen befinden, an welchen die Löcher zu bohren sind. Diese Büchsen sind auf den Bohrerdurchmesser genau ausgeschliffen und dienen dem Bohrer als Leitung.

Erweiterungsbohrer sind solche, welche ein bereits vorhandenes Bohrloch gleichmässig zu erweitern bestimmt sind. Die einfachsten Werkzeuge dieser Art sind durch Fig. 614 I und II dargestellt; bezüglich der letzteren genügt die Bemerkung, dass

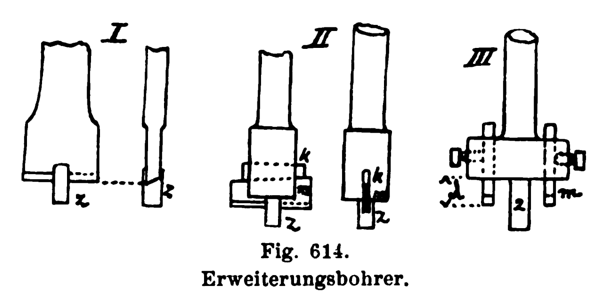
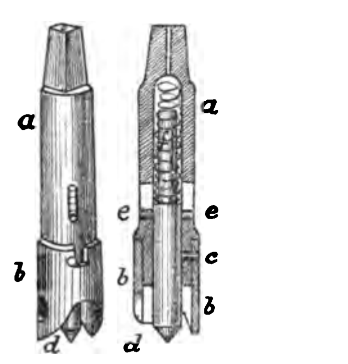
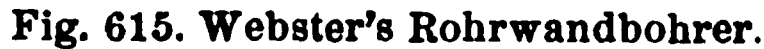


Fig. 614.
Erweiterungsbohrer.

das Messer in den Bohrerschaft eingesteckt und durch einen Keil festgestellt ist.

Zu den Erweiterungsbohrern können auch jene Bohrer gezählt werden, deren centrischer Zapfen *z* wohl in einem vorgebohrten Loche Führung gibt, deren Messer *mm*, Fig. 614 III, jedoch




Fig. 615. Webster's Rohrwandbohrer.

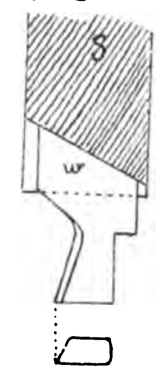


Fig. 616. Erweiterungsbohrer für konische Löcher.

nur einen ringförmigen Theil des Materials in Späne verwandeln und den Rest als zusammenhängendes Stück gewinnen lassen. Der in Fig. 614 III skizzierte Bohrer ist natürlich nur auf Platten von kleinerer Dicke anwendbar, als die freie Länge der Messer.

Webster's Rohrwandbohrer, Fig. 615, braucht zu ähnlicher Wirkung keines vorgebohrten Loches, sondern nur eines Grüb-

chens zur Aufnahme der Körnerspitze *d*. Die Schneiden *b* sind an einer Stahlhülse angearbeitet, welche mittelst Bajonnettverschluss *c* auf dem Schafte des Werkzeuges befestigt ist. Der Körner ist bei *e e* von einem Bolzen durchquert, welcher in Schlitzen geführt ist, und stützt sich gegen eine Schraubenfeder. Die Stahlhülse *b* ist unten etwas dicker gehalten, wodurch die Schneiden breiter sind als die Dicke des Rohres, so dass sich dasselbe in dem ringförmigen Loche nicht reibt. Dieser Bohrer schneidet eine Kreisscheibe aus dem Material der Platte und wird insbesondere zum Bohren der kupfernen Rohrwände der Locomotiven verwendet, wobei das theuere Werkzeug wenig beansprucht wird.

Eine besonders interessante Locherweiterung ist jene, welche bei manchen Dampfschiebern bestimmt ist, Weichmetallkegel aufzunehmen. Zunächst ist die Bohrung eine cylindrische; dieselbe soll konisch nach unten erweitert werden. Hierzu dient ein Messer *m* von der Form Fig. 616, welches durch die Bohrspindel *s* gedreht wird und von ihr Druck erhält. Infolge der schrägen Druckflächen hat das Messer das Bestreben, gegen die Lochwand zu wirken und nimmt von derselben so lange Späne, bis die beabsichtigte conische Lochform erzielt ist.

Bohrer für Holz. Diese Bohrer unterscheiden sich von den Metallbohrern wesentlich dadurch, dass der Schneidwinkel und der Zuschärfungswinkel sehr spitz ausfallen. Hierdurch wird auch die ganze Gestalt des Bohrers eine andere.

Die Fig. 617 bis 620 zeigen die am gewöhnlichsten angewendeten Holzbohrer, den steirischen Schneckenbohrer, den Löffelbohrer, den Centrumbohrer und den amerikanischen Schraubenbohrer.

Der steirische Schneckenbohrer hat eine lange Schneidkante, welche unten in eine kurze kegelförmige Zugschraube übergeht. Wenn das Werkzeug richtig hergestellt wird, was besondere Geschicklichkeit erheischt, so bohrt man damit leicht und ohne allzusehr Gefahr zu laufen, das Holz zu sprengen oder zu spalten. Der Lochboden ist selbstverständlich kegelförmig, so dass sich die Anwendung dieses Bohrers insbesondere dann empfiehlt, wenn das Arbeitsstück ganz zu durchbohren ist. Das zur Angel zugeschmiedete Ende wird häufig in einen hölzernen Griff ⊂ eingeschlagen. (S. Fig. 617.)

Der Centrumbohrer besitzt einen Vorschneidezahn *z* und eine messerartige Schneide *m n* von nahezu radialer Lage. Er erhält durch die centrische Spitze Führung. Der Lochboden fällt eben aus, und bei scharfem Vorschneider *z* wird die Lochwand ziemlich

rein. Der Centrumbohrer steht häufig in Gebrauch und ist er für die Herstellung von Zapfenlöchern, des ebenen Lochbodens wegen, besonders geeignet. (S. Fig. 619.)

Der Löffelbohrer, Fig. 618, wird zum Bohren langer Löcher, z. B. in Pfeifenröhren, der Hohlbohrer nach vorbohren mit einem Schneckenbohrer zum Ausbohren von Brunnenröhren verwendet. Der Hohlbohrer ist dem Löffelbohrer sehr ähnlich, doch endet er nicht in eine Spitze, da er nicht aus dem Vollen bohrt. Lange Löcher kleinen Durchmessers lassen sich nicht wohl ohne Führung

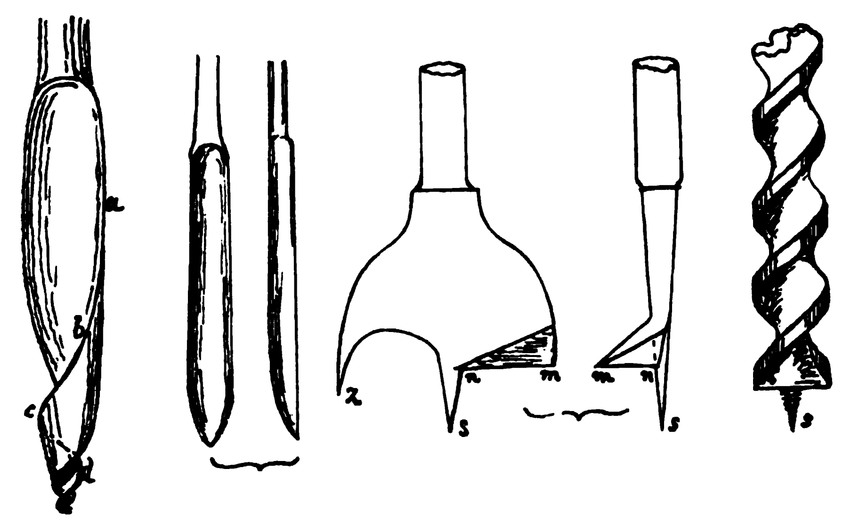


Fig. 617. Fig. 618. Fig. 619. Fig. 620.
Holzbohrer verschiedener Form.

des Bohrers bohren, weil sich der Bohrer leicht verläuft. Pfeifenröhren werden gewöhnlich auf der Drehbank gebohrt. Das Werkstück ist links in einem Klemmfutter gehalten, rechts durch den Reitnagel, welcher centrisch durchbohrt ist und dessen Bohrung dem Löffelbohrer als Führung dient. Derselbe wird an seinem Ende, rechts vom Reitstock, gehalten und gegen das Arbeitsstück gedrückt.

Der amerikanische Schraubenbohrer wird zumeist in Verbindung mit einer Holzbohrmaschine angewendet.

Ein Holzbohrer, welcher bei der Erzeugung von Holzschuhen zum Ausbohren der hierzu bestimmten Klötze mit vorzüglichem Erfolge Anwendung findet, ist durch Fig. 621 dargestellt.

Fig. 621.

Bohrer für Stein. Als Handwerkzeuge werden zum Steinbohren der Stoss- und Meisselbohrer angewendet, welche bereits besprochen wurden (s. S. 432 und 433). Andere Arten von Steinbohrern werden gelegentlich einer kurzen Besprechung der Steinbohrmaschinen am Schlusse dieses Abschnittes behandelt werden.

Von den Bohrgeräthen.

Unter Bohrgeräthen sind jene Vorrichtungen zu verstehen, mit deren Hilfe die Hand des Arbeiters die Bohrer zur Wirkung bringt.

Die Bohrgeräthe müssen gestatten, den Bohrer zu drehen und zugleich gegen das Arbeitsstück so zu drücken, dass seine Schneide eindringt und Späne abtrennt.

Man unterscheidet Bohrgeräthe mit intermittierender und solche mit stetiger Bewegung, die ersteren sind nur zum Bohren

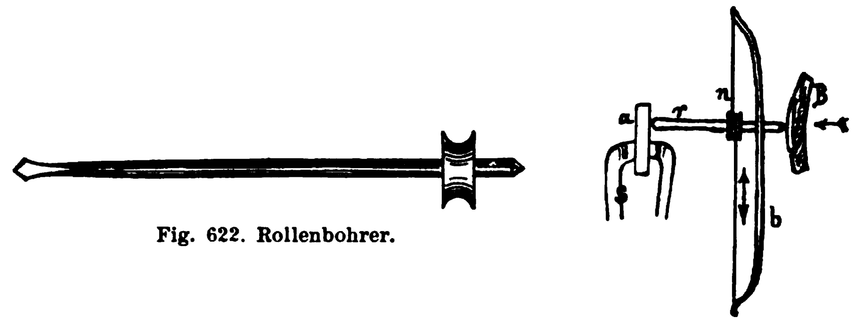


Fig. 622. Rollenbohrer.

Fig. 623. Anwendung des Rollenbohrers.

kleiner Löcher (Durchmesser 1 bis 4 *mm*) geeignet, mit den letzteren können von Hand aus Löcher von 4 bis 20 *mm* Durchmesser gebohrt werden. Zu den ersteren gehört der Rollenbohrer, die Rennspindel und der Drillbohrer, zu den letzteren die Brustleier, bei dem Tischler Bohrwinde genannt, der Räderbohrer, die Bohrkurbel in Verbindung mit einem Bohrgestelle und die Bohrratsche.

Der Rollenbohrer ist durch Fig. 622 und seine Anwendungsweise durch Fig. 623 gekennzeichnet, in welcher *a* das im Schraubstocke *s* gehaltene Arbeitsstück, *r* den Rollenbohrer, *n* die um das Röllchen geschlungene Sehne des Bohrbogens *b* darstellt. Das Brustbrett *B* ist mit einer Stahlplatte armiert, welche konische Grübchen zur Aufnahme des konischen Endes des Bohres besitzt. Während der Arbeiter durch das Brustbrett einen geringen An-

druck gibt, zieht er den Bohrbogen hin und her und dreht hierdurch den Bohrer abwechselnd nach der einen und anderen Seite. Der Reibungszug der Sehne ist ein geringer und können auf diesem Wege nur Löcher geringen Durchmessers gebohrt werden. Will man tiefe Löcher bohren, so ist der Bohrer öfter aus dem Loche zu ziehen, um die Späne zu entfernen.

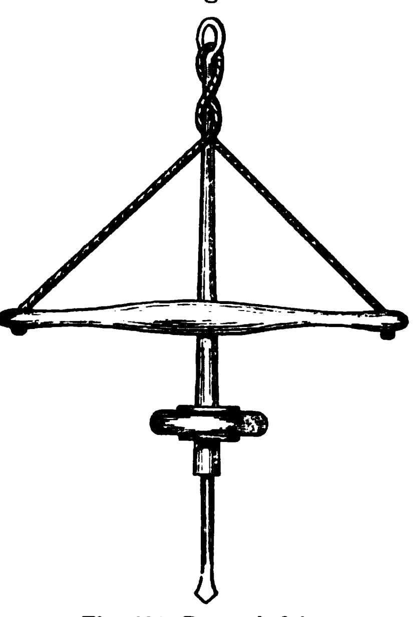


Fig. 624. Rennspindel.

Die Rennspindel ist in Fig. 624 dargestellt. Der hölzerne Quersteg lässt sich auf der Spindel auf und ab schieben, seine Enden sind mit einer Sehne oder Schnur verbunden, welche durch das Auge der Spindel gezogen ist. Indem man zunächst den Quersteg um die Spindel kreisen lässt, wickelt man die Sehne auf der Spindel auf; ist dies geschehen, so setzt man die Bohrerspitze an die angekörnte Stelle, wo gebohrt werden soll, und drückt den Quersteg nieder. Dabei geht die Spindel frei zwischen Zeige- und Mittelfinger, welche auf dem Stege liegen und drücken, hindurch, die Sehne wickelt sich ab und die Spindel wird in Drehung versetzt Diese Drehung hält infolge der Wirkung der Schwungmasse an, die Sehne wickelt sich in der entgegengesetzten Richtung auf, Quersteg und Hand müssen steigen, letztere natürlich durch die Thätigkeit des Arbeiters, dessen Hand vertical auf und ab schwingt Dass auch diese Bohrvorrichtung nur geringe Widerstände überwinden kann, ist wohl leicht begreiflich.

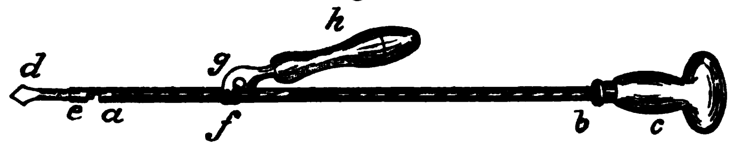


Fig. 625. Drillbohrer.

Der Drillbohrer, Fig. 625, besteht aus einer Bohrspindel *ab*, welche durch gleichmässiges Verdrehen eines Vierkantstahles oder eines Triebstahles mit einem stark steigenden, mehrfachen Schraubengewinde versehen ist. Die Bohrspindel ist durch einen

eingedrehten Hals mit dem Griffe *c*, die Schraubenmutter *f* mit dem gegabelten Handgriffe *gh* verbunden. Durch Bethätigung des Handgriffes kann man die Mutter längs der Spindel auf und ab ziehen und dadurch den bei *e* eingesetzten Bohrer *d* bald nach links, bald nach rechts drehen. Das Bohren mit diesem Geräthe ist sehr leicht erlernt; die linke Hand hält den Griff *c* und gibt zugleich den Andruck, die rechte bethätigt durch *h* die Mutter *f* und bewirkt die Drehung. Der Andruck wird zuweilen auch dadurch gegeben, dass man den Griff *c* gegen die Brust (oder Bauch) anlegt und durch diese drückt.

Es sind auch Drillbohrer angefertigt worden, welche stetige Drehung liefern. Bei der einen Construction ist der Bohrer in eine Hülse gesteckt, welche mit einem Schwungrädchen armiert ist. Diese Hülse ist durch einen eingedrehten Hals mit der Schraubenspindel verbunden, welche einen Sperrkegel trägt, der ein mit dem Schwungrade in Verbindung stehendes Sperrad mitnimmt. Bei der entgegengesetzten Bewegung der Schraube gleitet der Kegel über das Sperrad und dreht sich dasselbe und der Bohrer durch die früher ertheilte lebendige Kraft weiter. Sperrad und Sperrkegel können auch bezüglich ihrer Verbindung mit Schraube und Schwungrad vertauscht sein.

Eine zweite Construction wendet eine Schraube an, deren eine Hälfte linkes, deren zweite rechtes Gewinde aufweist. Ueber die Schraube ist ein Rohr geschoben, etwas länger als eine dieser Hälften der Spindel und in dieses Rohr sind an beiden konisch ausgedrehten Rohrenden Muttern lose eingelassen und zwar die eine für das linke, die zweite für das rechte Gewinde. Bewegt man nun das Rohr geradlinig auf der Schraube hin, so klemmt sich diejenige der beiden Muttern, welche in der Richtung der Bewegung die voreilende ist, in ihrem konischen Sitze fest und bewirkt die Drehung.

Bei der Umkehrung der Bewegung tritt die zweite Mutter und damit auch die zweite ein entgegengesetztes Gewinde besitzende Schraube in Wirkung und die Drehungsrichtung bleibt dieselbe, weil sowohl die Richtung der Mutterverschiebung, als die Richtung des Gewindes entgegengesetzt sind. Es wird übrigens von diesen beiden Constructionen selten Gebrauch gemacht.

Von den stetig wirkenden Bohrgeräthen wird die Brustleier, der Räderbohrer und die Bohrkurbel, letztere in Verbindung mit dem Bohrgestelle, für Löcher von 3 bis 15 *mm*, die Bohrratsche für das Bohren von Löchern von 10 bis 25 *mm* und auch insbesondere dann angewendet, wenn die örtliche Lage des

Bohrloches weder die Anwendung der Brustleier noch der Bohrkurbel gestattet.

Die Brustleier zeigt Fig. 626. Ihre Anwendung findet zumeist so statt, dass das zu bohrende Werkstück im Schraubstocke festgehalten, der Bohrer horizontal angesetzt und durch den Andruck der Brust unter Drehen der Kurbel zur Wirkung gebracht wird. Für den Arbeiter ist es eine wesentliche Erleichterung, wenn auf die Kröpfung der Kurbel eine Blechhülse aufgesetzt ist, weil hierdurch die Reibung zwischen Hülse und Kurbel erfolgt, die Hand des Arbeiters aber geschont bleibt.

Die Räderbohrer sind Bohrgeräthe, bei welchen die Bohrspindel durch Kegelräder r_1 r_2 angetrieben wird, eines an der Achse der Handkurbel *k*, das zweite an der Bohrspindel sitzend. Dieses Bohrgeräth besitzt zumeist eine Uebersetzung ins Schnelle, weil

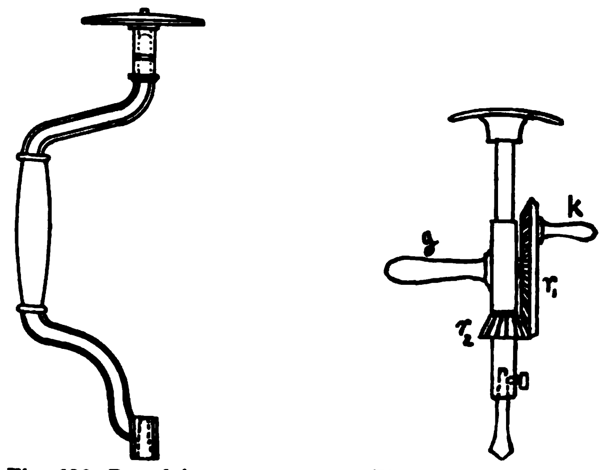


Fig. 626. Brustleier. Fig. 627. Räderbohrer.

das treibende Rad grösser als das getriebene gewählt wird. Die Anwendung erstreckt sich zumeist auf Löcher unter 6 *mm* Durchmesser. Fig. 627 zeigt eine der handlichsten Constructionen.

Die Bohrkurbel kann nur in Verbindung mit einem Bohrgestelle angewendet werden. Eine der vielen möglichen Anordnungen zeigt Fig. 628, in welcher *k* die Bohrkurbel, *s* die Druckschraube bezeichnet, mit welcher dem Bohrer der erforderliche Andruck gegeben wird.

Das in unserer Figur dargestellte Bohrgestell hat den Vortheil, die Höhenstellung, Ausladung und Richtung der Druckschraube nach Bedarf abändern zu können. Die diesbezügliche Construction ist aus dem Vergleiche der Theilfigur rechts mit der Hauptfigur erkennbar.

Die Bohrratsche Fig. 629 ist ein Bohrgeräth, bestehend aus einem Sperrade, einem Sperrzahne und einem Arme. In ein viereckiges Loch des Sperrades wird der Bohrer entweder unmittelbar eingesetzt, oder das Sperrad sitzt auf einem Rohre *r*, welches einerseits den Bohrer aufnimmt, andererseits mit einer Druckschraube *d*, welche ihre Mutter in *r* findet und gegen eine feste Stütze sich stemmt, verbunden ist. Bei der Drehung des Armes in dem einen Sinne nimmt der Sperrkegel das Sperrad und den Bohrer mit, bei der entgegengesetzten Drehung gleitet der Sperrkegel über die

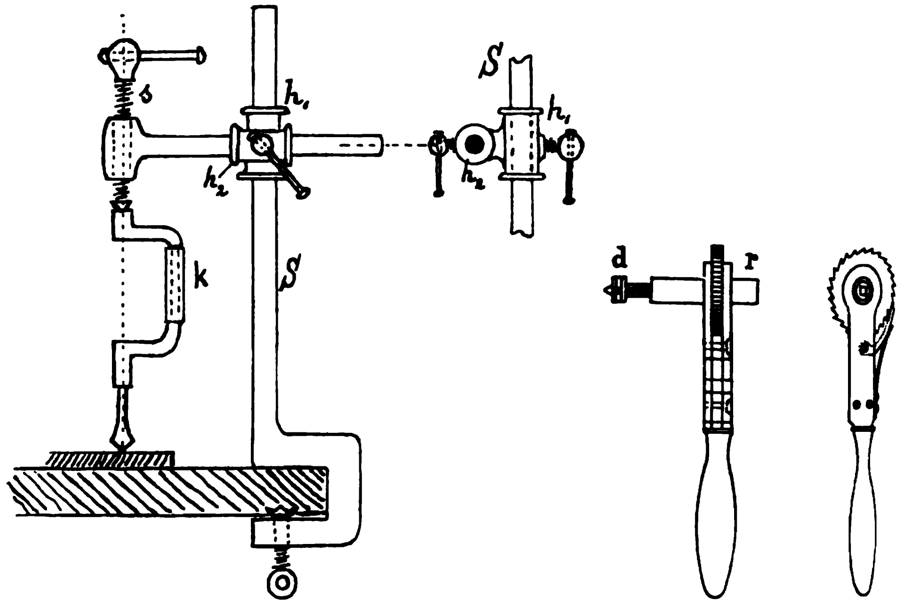


Fig. 628. Bohrkurbel und Bohrgestell. Fig. 629. Bohrratsche.

Zähne des Rades, der Bohrer steht. Man kann mit der Ratsche nahe an einer Wand bohren, weil der Arm nur einen Bogen beschreibt und keine volle Umdrehung macht. Die Ratsche wird oft in Verbindung mit einem Bohrgestelle verwendet.

Alle beschriebenen Bohrgeräthe stehen bei der Metallbearbeitung in Gebrauch, nur die Brustleier und der Räderbohrer werden auch auf Holz zur Anwendung gebracht, erstere dann häufig als Bohrwinde aus Holz angefertigt.

Von den Bohrmaschinen.

Ueber die allgemeine Anordnung der Bohrmaschinen sind wir bereits unterrichtet (vgl. S. 449, 452, 466 und 467).

Man unterscheidet Wandbohrmaschinen, freistehende Bohrmaschinen und Radialbohrmaschinen, ferner nach der Lage der Bohrspindel Vertical- und Horizontalbohrmaschinen. Zum Zwecke des Ausbohrens stehen Cylinderbohrmaschinen, welche vertical oder horizontal angeordnet sein können, in Verwendung.

Für specielle Zwecke sind besondere Anordnungen in Gebrauch, von welchen für das gleichzeitige Bohren mehrerer Löcher

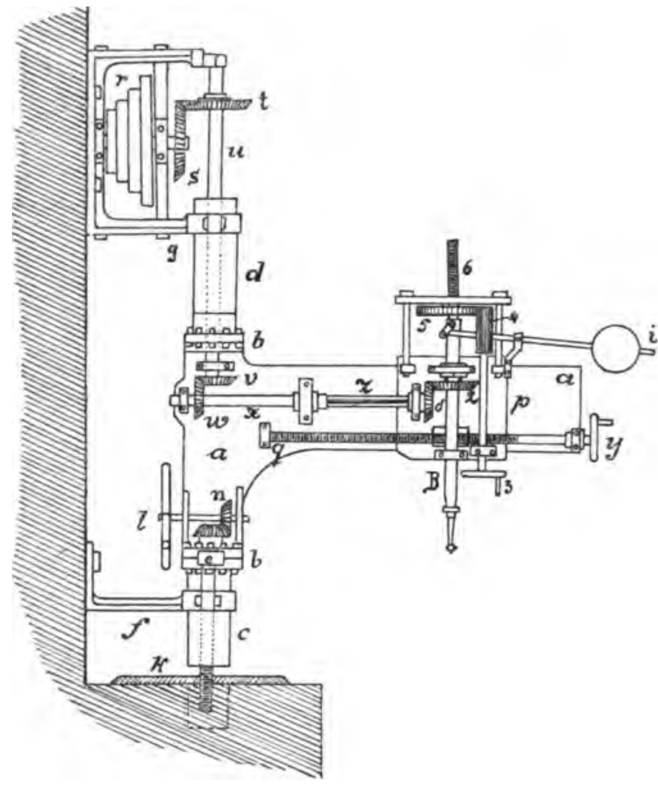


Fig. 630. Radialbohrmaschine.

die mehrspindeligen Bohrmaschinen*) besondere Erwähnung verdienen.

Im Nachfolgenden seien nur wenige Beispiele gegeben. Fig. 630 stellt eine Radialbohrmaschine dar. Der Ausleger oder Radius *a a* ist bei *b b* mit der Drehachse *c d* verbunden, welche in *f g* ihre Lager findet. Hierdurch lässt sich der Ausleger um eine verticale

*) S. die Schriften von Richard und Weiss.

Achse drehen. Die Bohrspindel B und der gesammte eigentliche Bohrmechanismus ist mit einer Platte p (Schlitten) verbunden, welche sich längs des Auslegers durch die Schraube qy verschieben lässt.

Sowohl die Drehbewegung des Auslegers um fg als die radiale Verschiebbarkeit des Bohrschlittens sind Einstellbewegungen, welche es ermöglichen, den Bohrer über weit voneinander abstehende Punkte des Werkstückes zu bringen. Das Werkstück ist auf einer Bodenplatte entweder nur durch sein Eigengewicht, oder überdies in entsprechenden Schlitzen der Bodenplatte durch Befestigungsschrauben gehalten. Alle Bohrungen mit parallelen Achsen welche von einer Seite des Werkstückes anzuarbeiten sind, lassen sich erzielen ohne das Werkstück zu verschieben, wodurch die Genauigkeit der Richtung der Bohrlöcher gewährleistet ist, natürlich unter Voraussetzung genauer Lagerung und Führung. Durch die Theile ln und ek (Speichenrad, Kegelräder, Schraube und Mutter), lässt sich im Bedarfsfalle der Ausleger in eine höhere oder tiefere Lage bringen, falls diese dritte Einstellbewegung erforderlich wird.

Was die Bethätigung des eigentlichen Bohrmechanismus betrifft, so haben wir die Mechanismen für die rotierende Bewegung der Bohrwelle (Arbeitsbewegung) und für den Vorschub derselben (continuierliche Schaltbewegung) zu unterscheiden. Die rotierende Bewegung wird erzielt vom Stufenkegel r, durch die Kegelräder st, Welle u, die Kegelräder vw, die verlängerbaren Wellen x und z und die Kegelräder 1 und 2. Hier ist nur hervorzuheben, dass die Wellen xz so eingerichtet sind, dass sich die Vollwelle z in die dickere Hohlwelle x ein- und ausschieben lässt, wenn der Bohrschlitten p am Ausleger verschoben wird. Im Bedarfsfalle schaltet man drei solcher Wellen ein, welche sich wie die Rohre eines Fernrohres verschieben lassen, überdies aber durch Keil und Längsnuth miteinander verbunden sind.

Für die Verticalbewegung der Bohrspindel dienen das Handrad 3, die Zahnräder 4, 5, die Schraube 6 und das Gegengewicht i. Hierbei sitzt das Rad 5 fest auf der Schraube 6, welche im Querstege ihre Mutter findet.

Die Schraube endet unterhalb des Rades 5 in eine Körnerspitze, welche in ein Grübchen am oberen Ende der Bohrspindel drückt und dieselbe nach abwärts dann bewegt, wenn die Schraube 6 nach unten geschraubt wird. Damit hierbei der Eingriff der Räder 4 5 erhalten bleibt, ist Rad 4 so lang als die maximale Bohrlänge. Das Gegengewicht i bewirkt stetes Anliegen der Bohr-

spindel an dem Körner und daher auch den Hub der Bohrspindel, wenn das Handrad 3 so gedreht wird, dass Schraube 6 steigt.

Statt dieses von Hand aus zu betreibenden Schaltmechanismus könnten auch die auf S. 466, 467 gezeichneten selbstthätigen Schaltmechanismen Anwendung finden, in welchem Falle zwischen der Achse *x* und dem Rade *r*, Fig. 521, S. 466, eine entsprechende Verbindung herzustellen wäre.

Eine solche zeigt Fig. 631 I, wobei mit *x* die treibende Welle, mit *r* das früher genannte Rad zu verstehen ist. An der Welle *w* befindet sich die Schnecke *s*, welche das Mutterrad *m* bethätigt. Da jedoch *m* lose auf der verticalen Welle *w'* sitzt, so muss das Mutterrad mit der Welle gekuppelt werden. Zu diesem Zwecke hat *m*, Fig. 631 II, eine concentrische schwalbenschwanzförmige Nuth, in welcher der passend dazu gestaltete Kopf einer Schraube sich befindet. Durch Anziehen der Flügelmutter m_1 wird das auf *w'* fest aufgekeilte Handrad *h* mit dem Mutterrade *m* gekuppelt und daher die verlangte selbstthätige Bewegung von $w' r_0$ und *r* erzielt.

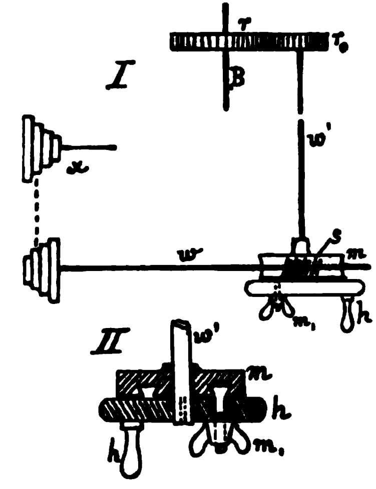


Fig. 631.

Statt der beschriebenen können auch andere Kupplungen angewendet werden.

Löst man die Kupplung, so kann die Bohrspindel vom Handrade *h* aus rasch auf oder ab bewegt werden, wovon beim Beginne und nach Beendigung des Bohrens stets Gebrauch gemacht wird.

Die Cylinderbohrmaschinen haben die Aufgabe, die durch den Guss hergestellten Dampf- und Pumpencylinder auszubohren. Da der Hohlraum dieser Gusstücke oft bedeutenden Durchmesser besitzt, so ist es meist erforderlich, mit der Bohrspindel einen Bohrkopf zu verbinden, in welchem die Werkzeuge befestigt werden. Die Verbindung kann entweder eine starre sein, dann bewegen sich beide gemeinsam, oder es ist der Bohrkopf verschiebbar auf der Bohrwelle angebracht, dann rotiert die Bohrwelle am Orte, der Bohrkopf rotiert mit, verschiebt sich aber gleichzeitig langsam auf der Bohrwelle. Die zweite Anordnung ist für das Bohren grösserer Cylinder die gebräuchlichere, weil sie geringeren Aufstellungsraum erheischt.

Eine verticale Cylinderbohrmaschine zeigt Fig. 632, eine horizontal angeordnete Fig. 633.

In Fig. 632 ist mit *B* der Bohrkopf, mit *w* die Bohrwelle bezeichnet. Letztere ist hohl und besitzt einen breiten Längsschlitz,

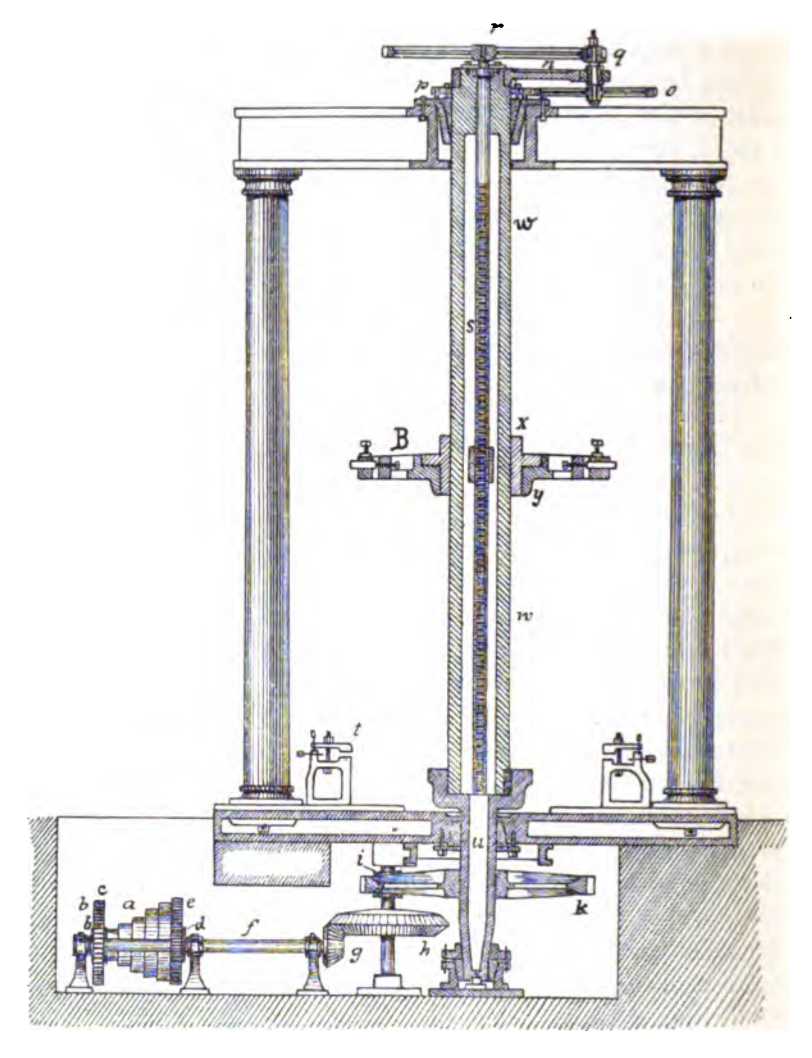


Fig. 632. Verticale Cylinderbohrmaschine.

durch welchen ein Fortsatz des Bohrkopfes tritt, in welchem die Schraube *s* ihre Mutter findet. Der Bohrkopf besteht zum Zwecke der Anpassung an den Durchmesser des Cylinders aus den Theilen *x* und *y* und sind verschieden grosse Köpfe *y* vorräthig,

welche nach Bedarf mit x verbunden werden. Der Mechanismus für die rotierende Bewegung besteht aus dem Stufenconus a, dem Vorgelege $b\,c\,d\,e$, der Welle f, den Kegelrädern $g\,h$ und den Stirnrädern $i\,k$.

Zu dem Mechanismus für die fortschreitende Bewegung des Bohrkopfes B an der Bohrspindel gehört der mit der Bohrwelle verbundene Arme n, welcher eine kurze Achse mit den beiden Zahnrädern $o\,q$ trägt. Bei Drehung der Bohrwelle und des Armes n wälzt sich o auf dem am Lager festgeschraubten verzahnten Ringe p und macht daher um die Hauptachse eine Planetenbewegung. Die Drehungsrichtung des Rades o ist infolge der Einwirkung des fixen Rades p entgegengesetzt der Richtung der Drehung des Armes n und, da q von o seine Bewegung erhält, so wird g gleichfalls die entgegengesetzte Bewegung machen, daher legt r bei einer Umdrehung von n keine volle Umdrehung zurück. Betrügen die Zähnezahlen von p, o, q und r der Reihe nach 40, 60, 12 und 100, so werden auf eine Umdrehung der Bohrwelle $\frac{92}{100}$ Umdrehungen der Schraube kommen; der auf eine Umdrehung entfallende Vorschub des Bohrkopfes wird daher $\left(1 - \frac{92}{100}\right)$, d. i. $\frac{8}{100} = \frac{2}{25}$ mal der Ganghöhe (Steigung) der Schraube sein. Dieser Vorschub entspricht der Spandicke.

Soll der auszubohrende Cylinder in die Maschine gesetzt werden, so ist die Bohrwelle nach oben aus dem Untertheile u und aus der Maschine zu heben. Die Art der Befestigung des Cylinders richtet sich nach seiner äusseren Gestalt; besitzt er Flanschen, so kann die Befestigung durch die Klemmen t erfolgen. Die richtige centrische Aufspannung erfordert Aufmerksamkeit und Gewandtheit.

Die in Fig. 633 dargestellte horizontale Cylinderbohrmaschine erhält ihre Arbeitsbewegung durch die Theile $f\,g$ und h, ihre Schaltbewegung hingegen durch die Differenzräder $k\,l\,m$ und n. Die Fig. 633 und insbesondere die Detailfig. 634 lassen deutlich erkennen, dass das Rad k durch den Theil i in feste Verbindung mit der Bohrwelle gesetzt ist, mithin von dieser angetrieben wird. Die Räder $k\,l$ sitzen gemeinsam auf einer kurzen Welle, und von dem Rade l wird das an der Schraube o aufgekeilte Zahnrad n angetrieben. k und m sind demnach die treibenden, l und n die getriebenen Räder und durch $\frac{k\,m}{l\,n}$ ist das Umsetzungsverhältniss

gegeben, wenn diese Buchstaben zugleich die Zähnezahlen der Räder bezeichnen.

Für $k = 30$, $m = 48$, $l = 50$, $n = 32$ erhalten wir $\frac{30.48}{50.32} = \frac{3.3}{5.2} = \frac{9}{10}$, der relative Vorschub des Messerkopfes pro Umdrehung beträgt demnach $\frac{1}{10}$ der Ganghöhe der Schraube.

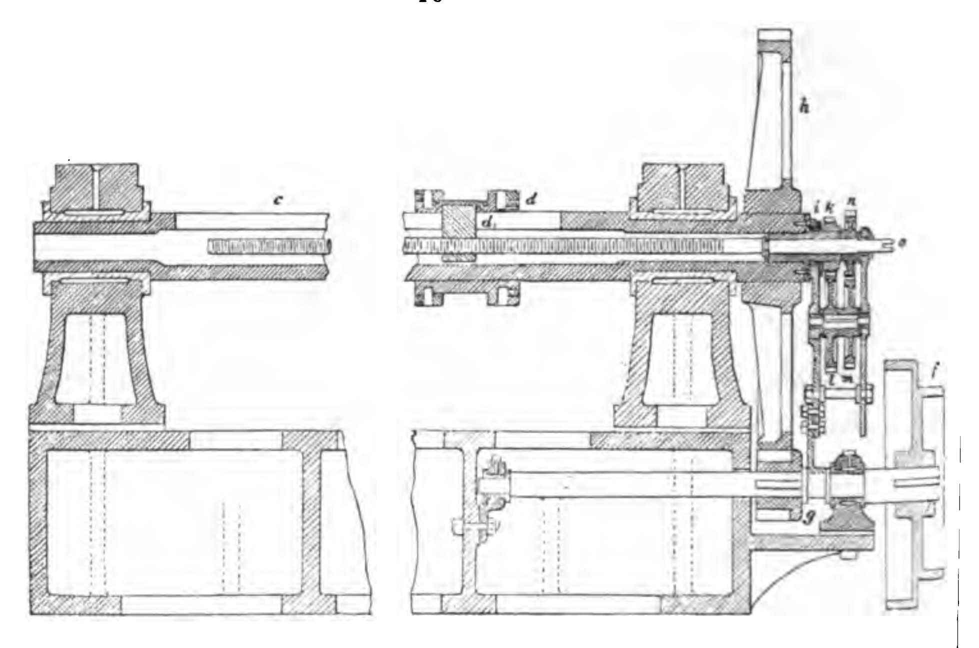


Fig. 633. Horizontale Cylinderbohrmaschine.

Langlochbohrmaschinen.

Das principiell Wesentliche der Langlochbohrmaschinen wurde bereits früher hervorgehoben (S. 453) und wir wissen daher, dass sich der Bohrer continuierlich dreht, dass der Bohrschlitten eine zur Bohrspindel senkrechte Bewegung macht und dass die Bohrspindel, am Ende des Langloches angelangt, die Schaltbewegung erhält.

Betrachten wir die Type, Fig. 484, S. 453,*) etwas näher nach

*) Construction der Maschinenfabrik Zimmermann; s. Hart, Werkzeugmaschinen, Taf. 30.

den drei Hauptaufgaben, so kann Fig. 635 den Antriebsmechanismus der Bohrspindel darstellen. Vom Stufenconus *f* geht die Bewegung durch die Räder *g h* auf die Nuthwelle *h* und durch die Kegelräder *i k* auf die Bohrwelle, denn *k* ist auf dieselbe gekeilt. Weil aber der Bohrschlitten und somit auch die Räder *i k* entlang dem Langloche sich hin und her bewegen, so ist die Welle *h* mit einem eingedrehten Hals im Lager bei *i*, welches einen Fortsatz des Bohrschlittens bildet, gefasst; ferner ist die Welle *h* genuthet und zieht sich durch die Räder *m h*, welche durch den Hauptständer am Orte gehalten sind. Die Nuthwelle *h* ist abgebrochen

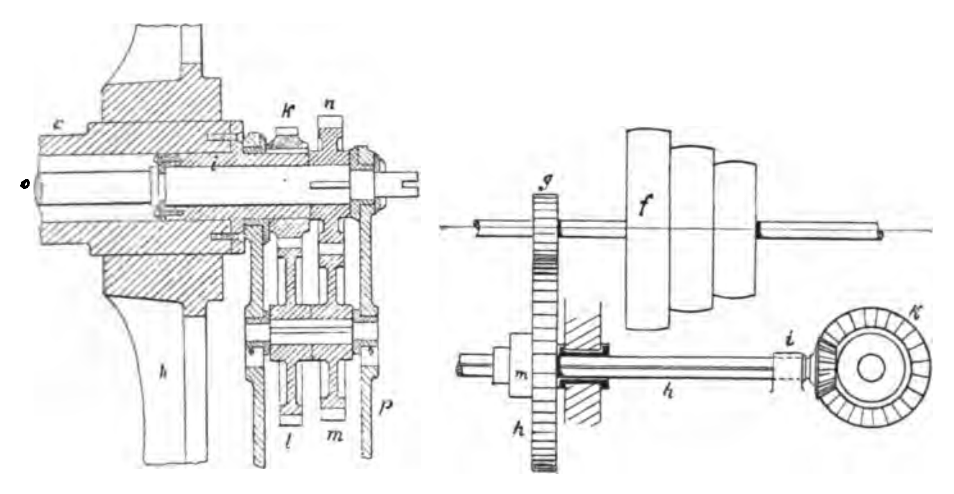


Fig. 634.
Detail zur Cylinderbohrmaschine.

Fig. 635. Antrieb der Bohrspindel der Langlochbohrmaschine.

gezeichnet und nach links, entsprechend dem maximalen Wege des Bohrschlittens, fortgesetzt zu denken.

Der Mechanismus für die Rückkehrbewegung des Bohrschlittens ist bei dieser Maschine deshalb etwas complicierter, weil trotz Anwendung der Kurbel angestrebt wird, die Geschwindigkeit des Hin- und Herganges thunlichst gleichförmig zu gestalten. Griffe ein gleichförmig rotierender Kurbelzapfen in einen Verticalschlitz des Bohrschlittens, so erhielte man die Sinusversusbewegung und in der Nähe der todten Punkte würde der Schlitten sich sehr langsam bewegen. Um dies zu vermeiden erhält die Kurbel gerade an den todten Punkten die grösste Geschwindigkeit. Fig. 636 bis 638 stellen den angewendeten Mechanismus dar.

Vom Rade m an der Nuthwelle h_1 geht die Bewegung auf das Zahnrad m_1, die Stufenscheiben $n\,n_1$ und die Welle $n_1\,p$ über, an dieser Welle sitzt ein Wurm, welcher das Wurmrad p und dadurch die Achse p_1 bethätigt. Auf dieser Achse ist das Rad q excentrisch aufgekeilt und übereinstimmend damit auch das Excenter q_1, dessen Durchmesser gleich dem Theilkreisdurchmesser des Rades q ist. Fig. 636 stellt diese Theile im Grundrisse dar. Vertical über dem Rade q_1 befindet sich die Kurbelachse s, mit Zahnrad r. Fig. 638. Da ein excentrisches Zahnrad mit einem centrisch angeordneten Zahnrade nur dann im Eingriffe stehen kann, wenn der Achsenabstand seine entsprechende Regulierung findet, so sind die Lager der Achse s, in Verticalschlitzen des Ständers angeordnet und es

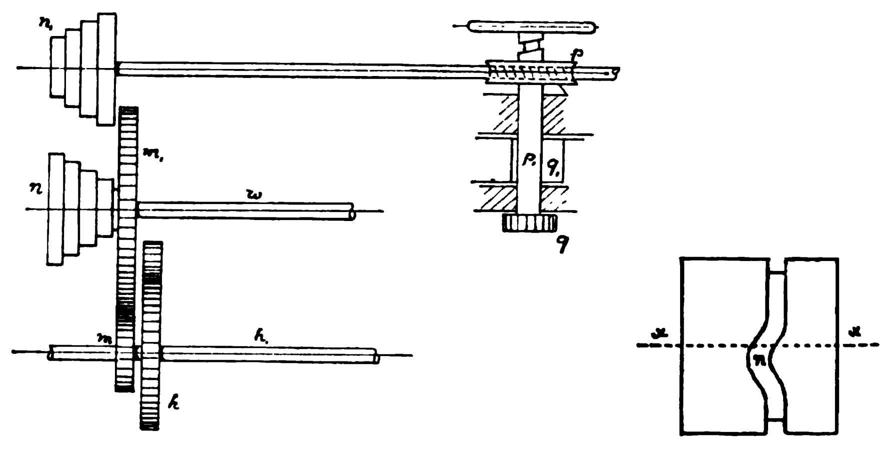


Fig. 636. Antrieb des Bohrschlittens. Fig. 637. Nuthcylinder.

ist ein Bund der Achse s_1 von der Excenterstange x umgriffen und hierdurch der Achsenabstand entsprechend den übereinstimmend veränderlichen Radien von q und q_1 geregelt.

Das Zahnrad q hat genau den halben Durchmesser von r und es steht infolge entsprechender Aufkeilung so, dass es mit dem maximalen Radius wirkt, wenn die Kurbel in einem der todten Punkte steht. Die Kurbel gestattet die Einstellung des Kurbelzapfens im Schlitze nach Massgabe der Langlochlänge ($l = 2r$); der Kurbelzapfen greift in einen Verticalschlitz des Bohrschlittens.

Die Schaltbewegung der Bohrspindel hat zu erfolgen, wenn der Bohrer an einem Ende des Langloches, die Kurbel daher im todten Punkte angelangt ist. Diese Bewegung wird von einem Nuthcylinder abgeleitet, welcher neben dem Mutterrade p an der

Achse p_1 angebracht ist. Durch die vorstehende Fig. 637 ist derselbe etwas grösser dargestellt und die Gestalt der Nuth lässt erkennen, dass die Schaltung durch ein kurzes Bogenstück erfolgt. Der Nuthcylinder wird so aufgekeilt, dass der Punkt n der Curve zur Wirkung gelangt, wenn die Kurbel auf dem todten Punkte steht. In die Nuth greift ein Zapfen (Röllchen) ein, welcher am Ende eines Hebels angebracht ist; die Schwingung des Hebels wird durch einen Mechanismus, ähnlich dem in Fig. 597, S. 518, gezeichneten, auf ein Schaltrad übertragen, von welchem aus mittelst Räderübersetzung jene Mutter ruckweise gedreht wird, die in bekannter Weise die Verticalbewegung der Bohrspindel bewirkt.

Die für Langlöcher anzuwendenden Bohrer müssen eine besondere Form besitzen, weil der Langlochboden eben sein soll.

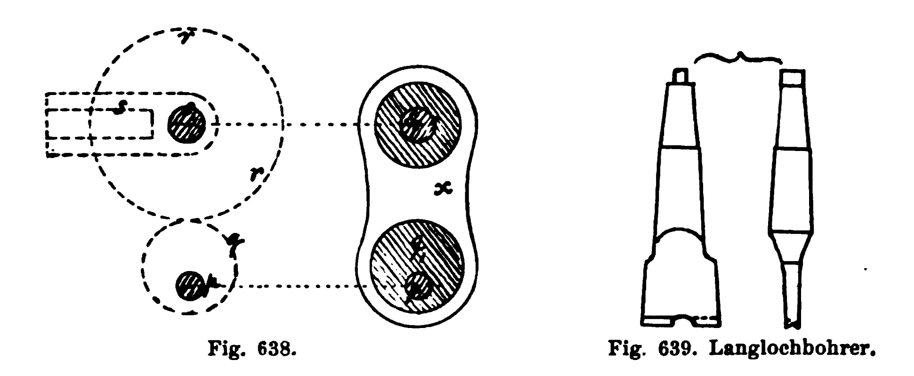


Fig. 638. Fig. 639. Langlochbohrer.

Die nebenstehende Fig. 639 zeigt eine sehr gebräuchliche Form eines Langlochbohrers, welche sich von den gewöhnlichen Metallbohrern wesentlich dadurch unterscheidet, dass statt der Spitze eine Vertiefung sich findet.

Horizontale Bohrmaschinen.

Horizontale Bohrmaschinen werden zum Ausbohren von Lagern, kleinen Cylindern u. dgl. häufig mit grossem Vortheile angewendet. Die Bohrwelle erhält sowohl die Arbeits- als die continuierliche Schaltbewegung, das Werkzeug wird in einem Schlitze derselben durch einen Keil befestigt oder man verbindet mit der Bohrwelle einen Messerkopf. Fig. 640 stellt nicht die ganze Maschine, sondern nur den Bohrmechanismus vor. Die Bohrwelle c ist nach links um die Länge der Figur verlängert zu denken; sie ist in einer Lünette (Hilfslager, Setzstock) gelagert, welche

entweder am Tische oder Arbeitsstücke befestigt wird. Der Tisch kann ähnlich jenen bei Verticalbohrmaschinen gebräuchlichen Tischen zwei horizontale und eine verticale Einstellbewegung erhalten, auch kann man die aufeinander senkrechten Horizontalbewegungen mit Schaltmechanismen verbinden. (Vgl. Hart, Tafel 26.) Die Bohrwelle *c* ist durch Keil und Längsnuth mit der Hohlwelle *d* verbunden, auf welcher das Rad *i* aufgekeilt ist. Der Antrieb erfolgt wie bei Drehbänken, vgl. S. 478, Fig. 556, mit oder ohne Einschaltung des Vorgeleges. Mit der Bohrspindel ist durch Muffe und Keil die Schraube *o* verbunden, dieselbe macht somit die Drehungen der Bohrspindel mit. Da der Vorschub der Bohrwelle jedoch langsam erfolgen muss, ist die am Orte gehaltene Mutter o_1 in gleicher Richtung mit einer Geschwindigkeit zu drehen, welche wenig ver-

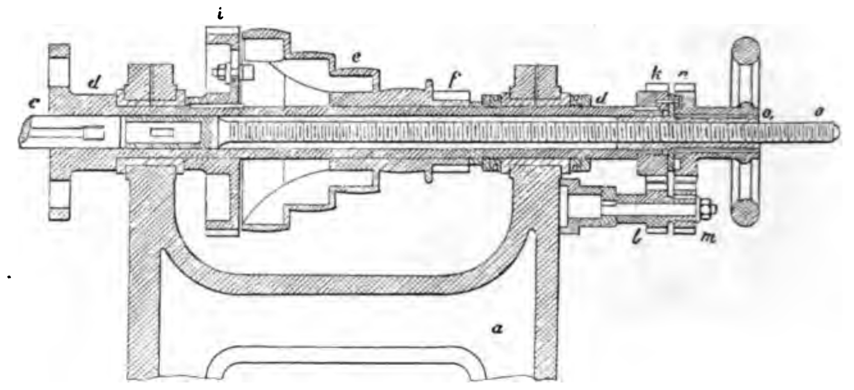


Fig. 640. Spindelstock einer Horizontalbohrmaschine.

schieden von der Geschwindigkeit der Bohrwelle ist. Dies erreicht man durch die in ihrer Wirkung bereits bekannten Differenzräder *k l m n*, von welchen *k* mit *d* und *n* mit der Mutter o_1 fest verbunden ist. Die Räder *l m*, an gemeinsamem Rohre sitzend, lassen sich durch Drehung der excentrischen Kernspindel ausrücken und dann kann die Mutter o_1 durch das Handrad gedreht und die Bohrwelle rasch zurückgezogen werden. Löst man, wenn die Räder *l m* ausgerückt sind, die Verbindung zwischen Bohrwelle und Schraube und entfernt erstere, so kann die Maschine als Drehbank benützt werden. Man verbindet dann mit *d* eine Planscheibe und benützt den Tisch als Support.

Steinbohrmaschinen und Tiefbohrung.

Die Steinbohrmaschinen*) haben die Aufgabe, die Bohrlöcher für das Sprengen herzustellen und werden insbesondere dort angewendet, wo es sich beim Tunnelbau und Bergbau um gleichzeitige Herstellung mehrerer Bohrlöcher in die Stirnwand des Stollens (vor Ort) handelt. Es arbeiten mehrere Steinbohrmaschinen, welche auf einem fahrbaren Gestelle angebracht sind, gleichzeitig. Das Constructionsprincip der Steinbohrmaschinen ist ein zweifaches, entweder wirkt ein Bohrmeissel stossend oder ein eigentlicher Bohrer durch Drehung und Andruck.

Mit dem Bohrmeissel arbeiten die sogenannten Percussions- oder Stossbohrmaschinen. Der Meissel ist an der Stange eines Kolbens befestigt, welcher im Cylinder gewöhnlich durch comprimierte Luft hin und her bewegt wird. Nach jedem Stosse ist der Meissel etwas zu verdrehen, „zu setzen"; das Bohrmehl wird durch eingespritztes Wasser aus dem Loche entfernt und die Maschine auf dem Gerüste entsprechend dem tieferen Eindringen des Meisselbohrers ruckweise vorgeschoben. Man arbeitet gewöhnlich anfangs mit kürzeren Bohrmeisseln und wechselt sie im weiteren Fortgange der Arbeit gegen längere aus. Bei solcher Auswechslung wird die Maschine zurückgezogen. Die gespannte Luft wird ausserhalb des Tunnels oder Stollens durch Compressoren**) erzeugt, durch eine Rohrleitung vor Ort geführt und wirkt bei ihrem Austritte aus den Bohrmaschinen ventilierend. Hierdurch wird andere künstliche Ventilation („Wetterführung") erspart. Eine der vollkommensten Percussionsbohrmaschinen ist die Someillier's, welche beim Mont-Cenis Anwendung fand.

Die rotierend wirkenden Steinbohrmaschinen lassen sich in drei Gruppen theilen:

1. Bohrmaschinen auf weiche Steine, Gyps, Kohle u. dgl., welche den Holzbohrmaschinen ähnlich sind.

2. Bohrmaschinen, in deren Bohrkrone Carbon (schwarzer Diamant) eingesetzt ist.

3. Bohrmaschinen mit einer Bohrkrone aus Stahl, welche mit langsamer Drehung bei sehr hohem Andrucke arbeiten. System Brandt.***)

Zur zweiten Gruppe gehört die Maschine von De la Roche-Tolay,†) bei welcher durch Perrét's Wassersäulenmaschine die ro-

*) Stapff, Gesteinbohrmaschinen. — Rziha, Tunnelbau.

**) Siehe Karmarsch-Heeren, techn. Wörterb., 2. Bd., S. 396.

***) Riedler, Brandt's hydraulische Gesteinbohrmaschine. Wien 1877.

†) Stapff, Gesteinbohrmaschinen, Taf. X.

tierende Bewegung des Bohrers erzielt wird, so wie auch der Vorschub der Bohrspindel und das Zurückziehen derselben durch hydraulischen Druck erfolgt. Die hierbei verwendeten Werkzeuge sind entweder Vollbohrer Fig. 641 oder Kernbohrer Fig. 642. In beiden Figuren bedeuten die mit *i* bezeichneten Theile die in den Kopf eingesetzten Diamanten, während *o*, *o* Bohrungen darstellen, durch welche aus der hohlen Bohrspindel Wasser ausgetrieben wird, um den Bohrschmand wegzuführen und so das Bohren zu erleichtern.

Das System Brandt's ist constructiv mit der Maschine von De la Roche verwandt und praktisch von bestem Erfolge. Als motorische Substanz wird gleichfalls Wasser (von 50 bis 200 Atmosphären Druck) der Bohrmaschine zugeführt und bewirkt dasselbe

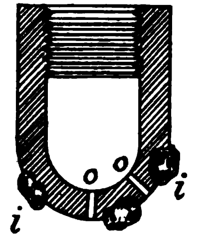




Fig. 641. Vollbohrer.

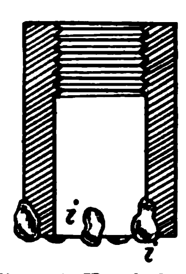


Fig. 642. Kernbohrer

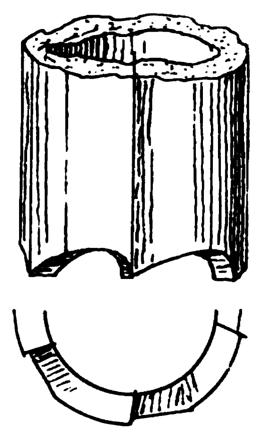


Fig. 643. Brandt's Bohrer.

die langsam rotierende Bewegung des Bohrers unter sehr hohem Andruck und die Entfernung des Bohrmehles aus dem Bohrloche.

Brandt und alle jene, welche sein System mit einigen Abänderungen anwenden, benützen einen Bohrer nach Fig. 643, wodurch unmittelbar ein ringförmiges Loch erbohrt wird. Der Bohrkern wird von Zeit zu Zeit aus dem Bohrer entfernt.

Tiefbohrung.*) Diese Benennung bezeichnet jenes lothrechte Bohren tiefer Löcher (bis 500 *m*), welche bestimmt sind, Wasser zu liefern (arthesische Brunnen), oder die geologische Beschaffenheit der tieferen Schichten des Terrains zu erschliessen.

*) Zu erster Orientierung s. Karmarsch-Heeren, techn. Wörterbuch, 9. Bd., S. 464. Ausführliches in Specialwerken, wie Tecklenburg, Handb. d. Tiefbohrkunde. Leipzig, Baumgärtner 1887. Fauck, Anleitung zum Gebrauche des Erdbohrers, 1877. Mit 2 Supplementen. 1885, 1889.

Es werden auch hier Bohrmaschinen verwendet, welche entweder durch den Schlag fallender, oft sehr grosser, verschieden geformter Meissel wirken, Freifallbohren, oder rotierende, mit Carbon armierte Bohrkronen anwenden.

Es wird nicht schwer sein einzusehen, dass es unmöglich ist, ein 100 bis 500 *m* tiefes Loch in gleicher Weite zu bohren, denn ein so langes Bohrgestänge würde sich im Loch verzwängen müssen und es würden auch Einbrüche, insbesondere durch wasserführende Schichten bedingt, eintreten.

Es ist daher nöthig, das Bohrloch oben weiter zu halten und stufenweise den Durchmesser abnehmen zu lassen. Ferner ist es nöthig, die Wand des Bohrloches zu stützen, was durch Eintreiben von Eisenrohren in das gebohrte Loch geschieht. Man verrohrt derart, dass man in ein auf mässige Tiefe gebohrtes Loch zunächst ein Rohr eintreibt, dann mit demselben Bohrer weiter bohrt, ein zweites Rohr gleichen Durchmessers auf das erste setzt (schraubt) und nachtreibt und so lange fortfährt, als es möglich ist, noch den Reibungswiderstand an der Bohrlochwand zu überwinden. Sitzt der erste Rohrstrang fest, so führt man in denselben einen zweiten, wenig kleineren ein und bohrt nun mit Werkzeugen weiter, welche dem Innendurchmesser des zweiten angepasst sind. Man treibt dann den zweiten Rohrstrang so lange nach als möglich, geht dann zu einem dritten über u. s. w.

Das Tiefbohren ist von ausserordentlicher Wichtigkeit sowohl für den Bergbau als zur Wasserbeschaffung, es bedarf jedoch besonderer Vorrichtungen und Erfahrungen.

IV. Sägen.

Sägen sind Werkzeuge aus Stahlblech mit vielen schneidenden Zähnen, welche hintereinander an der geraden oder gekrümmten Blechkante angebracht sind und zur Wirkung gelangen. Indem die Sägezähne nacheinander in der Richtung der Bewegung des Sägeblattes wirken und jeder Zahn Späne nimmt, so besteht die Wirkung in dem allmählichen Bilden eines Einschnittes, in welchem sich das Sägeblatt bewegt. Mag die Säge bestimmt sein Holz oder Metall zu schneiden, nie wird sie eine vollkommen glatte Schnittfläche liefern, und soll sich die Seitenwand der Säge nicht im Schnitte reiben und klemmen, so muss die Einschnittbreite grösser sein als die Blattdicke.

Dies erreicht man entweder dadurch, dass man die Sägezähne abwechselnd rechts und links vom Sägeblatte durch seitliche Biegung, schränken der Säge, über die Blattfläche vorragen lässt,

oder dadurch, dass man das Sägeblatt an der verzahnten Kante dicker hält oder endlich auch dadurch, dass man die Sägezähne staucht.

Das Schränken wird in der Regel bei den Holzsägen angewendet, während bei den Metallsägen zumeist Sägeblätter angewendet werden, deren Dicke gegen die Zahnseite zunimmt. Die Fig. 644 I und II zeigen den Schnitt einer geschränkten Säge und jenen einer Säge, deren Blatt an der Seite der verzahnten Kante dicker gehalten ist und allmählich gegen den Rücken schwächer wird. Die Fig. 645 *a*, *b* und *c* zeigt eine geschränkte Säge in zwei Ansichten, wobei die Stirnansicht *b* und *c* zwei verschiedene Schärfungsarten der Zähne darstellt, Fig. 645 *b* mit 90° Schneidwinkel, Fig. 645 *c* mit 45° Schneidwinkel.

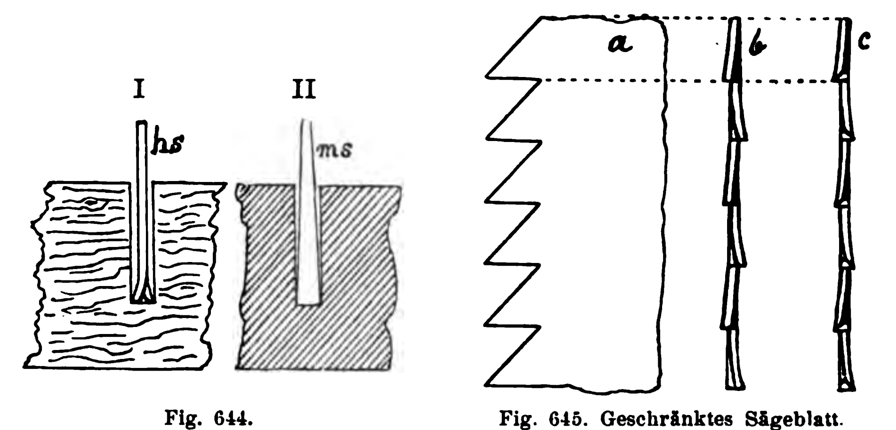


Fig. 644. Fig. 645. Geschränktes Sägeblatt.

Die zweite Zuschärfung liefert wohl besser schneidende Zähne, ist jedoch wesentlich umständlicher herzustellen und wird daher seltener angewendet.

Einige sehr gebräuchliche Sägezahnformen zeigt Fig. 646.

Die Verzahnungen, Fig. 646 *b*, *c* sind von jener bei *a* insbesondere dadurch unterschieden, dass die Zwischenräume der Zähne grösser sind, wodurch die Späne besseren Raum finden. Dass die lockeren Sägespäne einen weit grösseren Raum einnehmen, als ihr Material vor dem Schnitte eingenommen hat, ist wohl selbstverständlich. Finden die Späne in der Zahnlücke nicht reichlich Raum, so zwängen sie sich in der Zahnlücke ein und erschweren das Sägen.

Wird die Säge von Hand aus bethätigt, rührt daher der Gesammtdruck, welchen die arbeitenden Zähne ausüben, von der Muskelthätigkeit des Arbeiters her, so reguliert sich der Sägevor-

gang sozusagen von selbst. Würden die Späne nicht reichlich Raum finden, so bedingen sie einen so bedeutenden Widerstand, dass der Arbeiter von selbst schwächer andrückt. Anders verhält sich die Sache bei dem maschinellen Betriebe; hier muss der auf einen Sägezahn entfallende Vorschub der Säge so bemessen werden, dass unnöthige, von gepressten Spänen herrührende Widerstände vermieden werden, und es muss auch der Weg des Sägeblattes grösser gewählt werden als die Dicke des Holzes, damit jeder Zahn über die Schnittfläche hinaus tritt und die Späne auswerfen kann.

Die Dicke der Hölzer, wie sie meist in den Tischlereien geschnitten werden, ist im Vergleiche mit der Bewegungslänge der Säge klein und kann es hierbei nicht eintreten, dass mehrere Zähne im Einschnitte sich hin und her bewegen ohne aus dem-

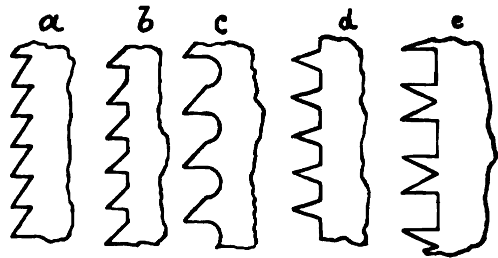


Fig. 646. Sägezahnformen.

selben auszutreten; wenn jedoch ein Baum zu Brettern geschnitten wird, dann kann bei grossem Durchmesser des Baumes der Hub der Säge (Brettsäge, Gattersäge s. u.) kleiner als der Durchmesser des Blockes sein und das Auswerfen der Späne findet unvollkommen statt.

Der Vorschub der Säge pro Schnitt mal Schnittlänge und Breite gibt das Volumen des beseitigten Holzes pro Schnitt, dieses mit der Verhältnisszahl von Spanvolumen zu Holzvolumen (2 bis 5) multipliciert, gibt das Volumen der Späne. Dieses darf nicht grösser sein als der Raum der Zahnlücken der wirkenden Zähne.

Sägen, deren Zähne nach Fig. 746 *a, b, c* hergestellt sind, schneiden nur nach einer Richtung, jene nach *d* und *e* verzahnten nach beiden Bewegungsrichtungen. Die letzteren wendet man zumeist nur bei den Quersägen, Fig. 647, an, welche von zwei Arbeitern abwechselnd gezogen zum Abschneiden von Stämmen senkrecht zur Längsrichtung dienen.

Für den Längsschnitt von Stämmen bedient man sich in dem Falle, wo Handarbeit angewendet werden muss, der sogenannten Schrotsäge, Dielensäge, welche ein $1^1/_2$ bis 2 *m* langes Blatt besitzt und von drei Arbeitern bethätigt wird. Der zu schneidende Block liegt auf hohen Böcken, ein Arbeiter steht auf dem Blocke und hat die Säge an einem kurzen Doppelquergriffe mit beiden Händen zu heben und zu führen, während zwei Arbeiter unten an einem langen Doppelquergriff die Säge, deren Zähne nur beim

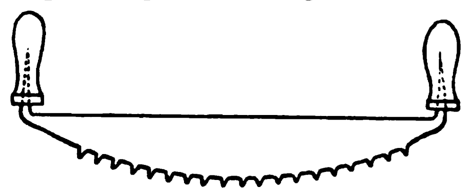


Fig. 647. Quer- oder Bauchsäge.

Niedergange schneiden, zur Wirkung bringen. Das Blatt dieser Säge ist oben breiter als unten, so dass die verzahnte Kante bei vertical geführtem Rücken von der Lothrechten abweicht oder gegen die Schnittseite überhängt. Man nennt dies den Anlauf oder den Busen der Säge und von ihm ist die Schnittlänge

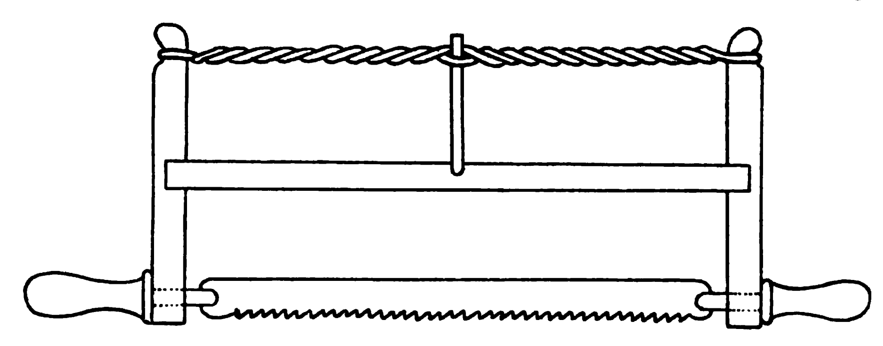


Fig. 648. Oertersäge.

pro Zug (Niedergang) abhängig. Die Schrotsäge ist nur ganz ausnahmsweise in Anwendung, zuweilen zu dem Zwecke gekrümmtes Schnittholz herzustellen.

Zu den vom Tischler meist gebrauchten Handsägen gehört die Oertersäge, Fig. 648. Das Sägeblatt erhält seine Spannung entweder durch einen mittelst durchgesteckten Keiles zusammengedrehten Strick, oder durch ein Zugstängelchen (Draht), auf dessen Ende ein Gewinde geschnitten ist, dessen Mutter sich aussen an eines der kürzeren Querhölzer (Arme, Hörner) anlegt.

Die Hörner sind in den gabelförmigen Enden des Stockes oder Steges eingelegt und können sich zum Stege etwas schräg stellen, wenn die Spannung dies verlangt. Das Sägeblatt ist durch Nieten beiderseits je mit einem Zapfen verbunden, welcher drehbar in einem Loche des Querholzes steckt. Fasst man die Griffe dieser beiden Zapfen und dreht man dieselben, so verdreht man auch das Sägeblatt und kann es zur Mittelebene des Rahmens schräg oder auch senkrecht stellen. Hiervon wird insbesondere dann Gebrauch gemacht, wenn man tiefe Einschnitte, bei welchen der Steg bei normaler Lage des Blattes hinderlich wäre, machen muss.

Man kann das Sägeblatt auch mit gegabelten Angeln (=—) durch Bolzen verbinden, die Angeln dann in den Zapfen und diese in den Griffen befestigen.

Unter der Benennung Schweifsäge wird eine ähnliche Säge mit sehr schmalem Blatte (4 bis 10 *mm*) vom Tischler verwendet; unter Laubsäge eine solche verstanden, deren Blatt noch feiner und schmäler (1 bis 3 *mm*) ist und deren Arme häufig länger gehalten sind als der Steg.

In etwas abgeänderter Einrichtung werden Laubsägen oder Decoupiersägen (scie à découper) auch zum Sägen von Messing, Argentan, Bein u. s. w. für die Herstellung eingelegter Arbeiten verwendet.

Es wird hierbei nicht selten der Kunstgriff benützt, zwei dünne Blätter verschiedenen Materials gleichzeitig mit der Laubsäge nach aufgepaustem Muster zu schneiden und die Ausschnitte der beiden Blätter hierauf auszutauschen, wodurch man dieselben Figuren einmal z. B. weiss in braun, dann wieder braun in weiss erhält.

Als Sägeblätter werden nicht selten Uhrfedern benützt, deren Zähnchen durch Hauen mit dem Meissel (s. u. bei Feilen) gebildet sind.

Eine vorzügliche Laubsägeconstruction zeigt Fig. 649; *s* ist die Säge, *l l'* sind ihre zangenartigen Klemmen, *r r'* ist der zweitheilige Rahmen, welcher eine Verschiebung von *r* in der Hülse am Ende von *r'* und Feststellung durch die Schraube *o* gestattet. Hierdurch kann der Abstand der Klemmen *l l'* der Länge des Blattes beiläufig angepasst werden. Die Spannung der Säge wird durch Anziehen der Klemme *l* gegen das Heft bewirkt; zu diesem Zwecke besitzt die Klemme *l* eine lange Angel, deren Querschnitt zunächst quadratisch, im weiteren Verlaufe kreisrund ist. Der prismatische Theil der Angel hat Führung in einem dazu passenden quadrati-

schen Loche des Rahmentheiles *r'*, der cylindrische Fortsatz auf welchen ein Schraubengewinde geschnitten ist, findet seine Mutter in einem Fortsatze (Zapfen) des Knopfes *k*, welcher weit in das ausgebohrte Heft hineinreicht. Durch Rechtsdrehung von *k* wird *l* und dadurch *s* angezogen.

Die besprochenen Sägen sind solche mit Spannung.

Zu den Sägen ohne Spannung gehören der Fuchsschwanz, die Lochsäge, die Grathsäge, die Absetzsäge und die Zapfensäge.

Der Fuchsschweif oder Fuchsschwanz ist durch Fig. 650 dargestellt.

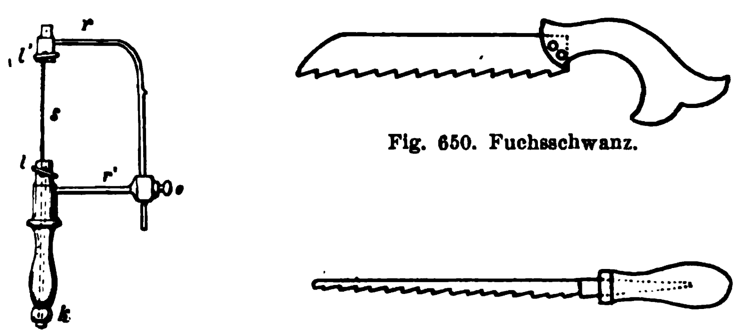


Fig. 649. Laubsäge.

Fig. 650. Fuchsschwanz.

Fig. 651. Loch- oder Räubersäge.

Die Breite des Blattes, zuweilen gegen den Griff zunehmende Dicke und häufig am Rücken der Säge angebrachte Verstärkungsleisten geben dem Blatte die nöthige Steifigkeit und können dann die Zähne vom Griffe abgekehrt, auf den Stoss gerichtet sein. Sehr dünne, unversteifte Blätter lassen sich dann anwenden, wenn die Sägezähne auf Zug (gegen den Arbeiter) gerichtet sind, denn in diesem Falle erfolgt die Spannung durch den Zug einerseits, den Schnittwiderstand andererseits. Beim Rückgange wird die Säge nicht angedrückt und findet daher unbedeutenden Widerstand.

Die Lochsäge Fig. 651 ist eine ungeschränkte, an der verzahnten Seite wesentlich dicker gehaltene Säge, welche eben dadurch ihre Steifigkeit erhält, obwohl die Zähne auf den Stoss gerichtet sind. Die Lochsäge wird gewöhnlich in der Weise gebraucht, dass man von einem entsprechend vorgebohrten Loche ausgehend die Säge zur Wirkung bringt. Man kann z. B. in ein Brett vier Löcher (: :) bohren und die Säge so anwenden, dass man von Loch zu Loch schneidend schliesslich eine grössere Oeffnung herstellt. Da

diese Säge längs der Verbindung der Thürfüllung mit dem Thürrahmen zur Anwendung gebracht wurde, um die Füllung auszuschneiden und unbefugt einzudringen, so führt sie auch die Benennung *Räubersäge* oder passe-partout.

Die *Grathsäge*, Fig. 652, gestattet Einschnitte in sehr breite Flächen zu machen, auch so, dass die Schnittfuge nicht bis zum Brettrande reicht. Die Sägezähne stehen gewöhnlich *auf den Zug*, sind also gegen den Griff gerichtet und ist in dieser Beziehung unsere Figur zu berichtigen. Der Tischler macht von der Grathsäge bei gewissen Holzverbindungen Gebrauch.

Die *Absetzsäge* dient dazu, parallel zur geradlinigen Grenze eines Brettes Einschnitte zu machen. Die Fassung des Sägeblattes ist ein im Querschnitt rechteckiges, prismatisches Holzklötzchen zu welchem sich eine Leiste parallel einstellen lässt, die als Führung dient und beim Gebrauche stets an der Seitenwand des Werkstückes anliegt.

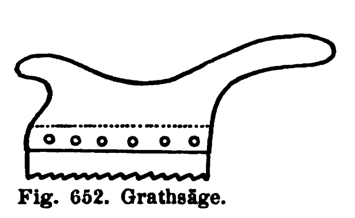


Fig. 652. Grathsäge.

Fig. 653. Zapfensäge.

Die *Zapfensäge* (Fourniersäge), Fig. 653, gestattet das Abschneiden von Zapfen, welche eine ebene Fläche überragen oder das Besäumen von Fournieren, welche rechtwinkelig zusammenstossen. In letzterem Falle wird die Säge auf jener Fläche anliegend geführt, welche von dem anstossenden Fourniere überragt wird. Es empfiehlt sich die Säge nur halb zu schränken, d. h. nur die Hälfte der Sägezähne gegen oben zu biegen, damit das Sägeblatt auf der Führungsebene stets voll anliegt. Die Zähne stehen auf Zug oder halb auf Zug, halb auf Stoss, symmetrisch zur Blattmitte.

Die *Handsägen für die Metallbearbeitung* sind zumeist so ausgebildet, dass das Sägeblatt in einen steifen Rahmen von nebenstehender Form *a* *b* eingespannt und durch eine Zugschraube bei *a* und Einhängung bei *b* gespannt wird. Sind an der Säge, deren Blatt an der verzahnten Kante dicker ist, grössere, deutlich sichtbare, mittelst des Durchschnittes hergestellte Zähne, so nennt man das Werkzeug *Bogensäge*; sind hingegen die Zähnchen klein und mittelst Hiebes erzeugt, so heisst das

Werkzeug Bogenfeile. Die Metallsägen finden insbesondere zum Abschneiden von Stabeisen und zur Anarbeitung von Schlitzen in die verschiedensten Werkstücke Anwendung.

Die Herstellung von Schnittholz findet in der Regel durch maschinellen Antrieb der Säge statt. Zumeist werden gerade ebene Sägeblätter, in Rahmen gespannt, mechanisch bewegt und heissen diese Maschinen Gattersägen, Blockgatter oder Brettsägen. Man wendet jedoch auch Kreissägen und Bandsägen zu demselben Zwecke an.

Bei den Kreissägen ist das scheibenförmige Sägeblatt an seiner Umfläche mit Zähnen versehen und da dasselbe centrisch mit einer Achse verbunden sein muss, welche angetrieben wird, so muss der Halbmesser des Blattes stets grösser als die Dicke des zu schneidenden Holzes sein. Für den Schnitt dicker Hölzer (Stämme) gelangt man zu bedeutenden Durchmessern des Kreissägeblattes, womit auch die Blattdicke entsprechend gross wird. Die nothwendige Schränkung oder Stauchung der Zähne vergrössert noch weiter die Schnittbreite und die Folge ist ein beträchtlicher Verlust an Holz oder die Erzeugung grosser Mengen von Sägespänen.

Aus diesem Grunde ist die Anwendung der Kreissägen gewöhnlich auf die Herstellung kleineren geraden Schnittholzes — Latten, Leisten — beschränkt. Zu diesem Zwecke sind aber die Kreissägen, welche durch das Blatt selbst zu geradem Schnitte hinneigen, unübertrefflich, ihre Leistung ist eine sehr grosse.

Die Bandsägen bieten gleich den Kreissägen den Vortheil continuierlichen Schnittes, denn bei ihnen ist das Sägeblatt ein endloses Band, welches gleich einem endlosen offenen Riemen über zwei Scheiben läuft. Damit das Sägeblatt von der Umfläche der Scheiben nicht abgleiten kann, sind dieselben an einer Seite mit einem erhöhten Rande (|____) versehen, gegen welchen sich die nicht verzahnte Seite des Blattes anlegt. Die eine Scheibe ist die angetriebene, die zweite läuft leer mit und ist ihre Achse in der Verbindungslinie beider Scheibenachsen verstellbar. Hierdurch können Bandsägen von etwas verschiedener Länge verwendet und kann auch dem Blatte Spannung gegeben werden.

Die Arbeitsleistung der Bandsägen ist gross und bei schmalem Blatte lassen sich dieselben auch sehr gut für krummlinige Schnitte verwenden. Als Nachtheil ist hervorzuheben, dass ein Reissen des Blattes eine umständliche Löthung verlangt und dieses Reissen bei dickerem Blatte nur durch sehr grosse Scheiben thunlichst hintan-

gehalten werden kann, wodurch die Maschine als Brettsäge bedeutende Abmessungen erfordert. Der Riss des Blattes ist gewöhnlich mit einem Ausschleudern desselben verbunden, welches dem Arbeiter gefährlich wird; deshalb umgibt man die obere Scheibe und die Säge ein Stück abwärts mit einer Schutzhülle. Die Mehrzahl der Bandsägen werden zum Schneiden nicht sehr dicker Hölzer in Modelltischlereien u. dgl. verwendet.

Die Gattersägen arbeiten mit einer oder mehreren Sägen. Eine Säge im Gatter trifft man in den Sägemühlen am Lande noch häufig an; einerseits deshalb, weil hierbei das Gatter und auch die ganze Maschine sich einfacher halten lässt, so dass Reparaturen vom Schmied und Zimmermann besorgt werden können, andererseits auch aus dem Grunde, weil bei Anwendung nur einer Säge die Schnitte weit leichter jenen Anforderungen angepasst werden können, welche Grösse und Gestalt des Blockes, sowie die Käufer des Schnittholzes an dessen Beschaffenheit und Masse stellen.

Bei Anwendung mehrerer Sägen im Gatter wird eine wesentliche Mehrleistung erzielt und auch die Betriebskraft besser ausgenützt.

Es rührt dies daher, dass die Arbeit für die Bewegung der Maschine einen grösseren Procentsatz der Bruttoarbeit erheischt, wenn weniger Schnittwiderstand überwunden werden muss, beziehungsweise wenn weniger Sägen arbeiten.

Man schneidet stündlich in weichem Holze

mit	1 Säge	im Gatter etwa	$2\,m^2$	pro	Pferdekraft
„	4 Sägen	„ „ „	$3{\cdot}19\,m^2$	„	„
„	6 Sägen	„ „ „	$4{\cdot}90\,m^2$	„	„
„	11 Sägen	„ „ „	$5{\cdot}21\,m^2$	„	„

Die geleistete Schnittfläche ist nicht proportional der Zahl der Sägeblätter, weil man bei Anwendung mehrerer Sägen dem Blocke einen geringeren Vorschub pro Hub der Säge gibt, als bei Anwendung nur eines Sägeblattes.

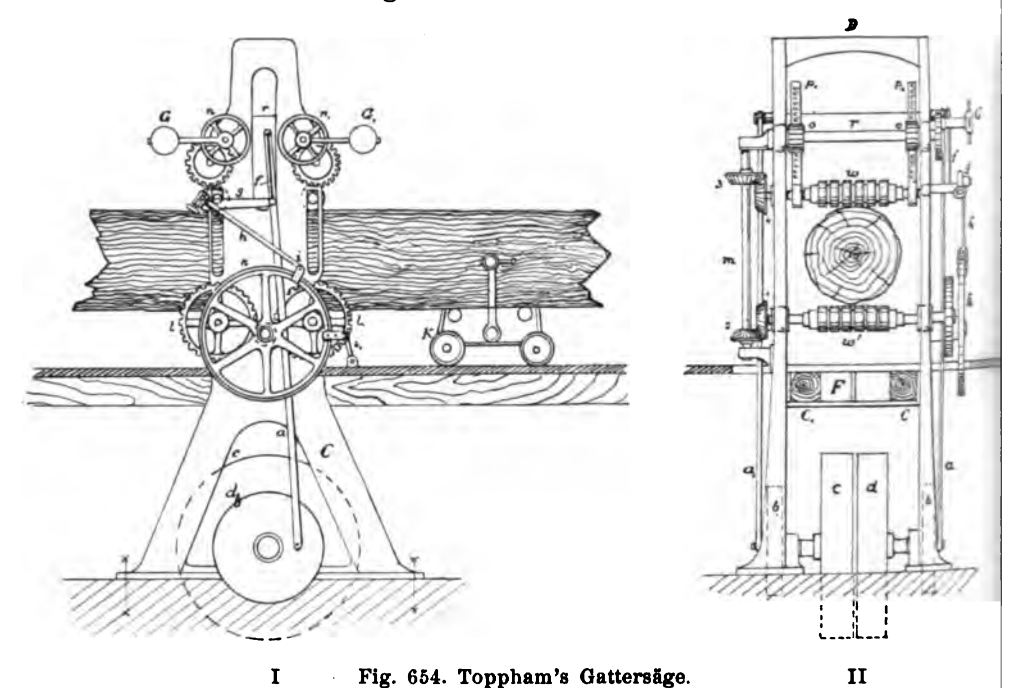
Bei den primitiven Constructionen ländlicher Sägemühlen gibt man dem Blatte nur eine Geschwindigkeit von etwa $1{\cdot}5\,m$, bei den vollkommener gebauten Gattersägen eine solche von 5 bis $7\,m$.

Der Vorschub des Blockes ist bei harten, auch bei feuchten Hölzern wesentlich geringer als bei trockenem weichen Holze; er wechselt zwischen $1^1/_2$ bis $12\,mm$ pro Hub.

Die Sägeblätter sind zumeist mit dreieckigen Zähnen versehen; man macht oft die Basis des Zahnes gleich seiner Höhe, etwa $16\,mm$ und lässt Zahn von Zahn um $5\,mm$ abstehen, so dass sich ein Spitzenabstand von $21\,mm$ ergibt.

Die Blattdicke kann etwa 1·5 *mm*, die Schnittbreite (Blattdicke mehr Schränkung) etwa 3 *mm* betragen.

Während bei den älteren Brettsägen der zu schneidende Baum auf einem aus Balken zusammengefügten Klotzwagen befestigt und mit diesem ruckweise der Säge zugeführt wird, wendet man bei neueren Gattersägen sehr häufig geriffelte Zuführungswalzen an, welche nahe der Säge angeordnet sind. Der Stamm ist dann überdies durch kleine Wagen K gestützt, von welchem der eine vor, der andere hinter dem Sägeständer sich befindet.



I Fig. 654. Toppham's Gattersäge. II

Eine moderne Gattersägenconstruction, welche in Oesterreich von Toppham eingeführt wurde, zeigen die Fig. 654 I und II.

Der Gatterrahmen r, in den Figuren grossentheils gedeckt, besteht aus zwei horizontalen Stücken, den Gatterriegeln, und zwei verticalen Stangen, den Gatterschenkeln, er ist vertical geführt und wird durch die beiden ausserhalb des Gestelles befindlichen Pleuelstangen a und a_1, welche ihre Bewegung von den auf der Antriebswelle sitzenden Kurbelscheiben b und b_1, erhalten, auf und nieder bewegt, wobei die in ihm eingespannten Sägen zur Wirkung kommen. Der Antrieb selbst erfolgt durch die zwischen dem Gestell angebrachte Riemenscheibe c, während d als Losscheibe fungiert. Der

Vorschub des Holzes erfolgt durch Walzen, deren vier vorhanden sind, zwei vor, zwei hinter den Sägen, hiervon sind zwei unter und zwei über dem Sägeblock gestellt; dadurch wird dieser gerade an jener Stelle gut gehalten, wo die Säge zur Wirkung kommt. Die Walzen sollen den Block fassen und ruckweise vorschieben. Sie sind zu dem Ende mit Längs- und Querriefen versehen, welche am Umfang spitze vierseitige Pyramiden bilden, deren Spitzen sich in den Block festsetzen und seinen Vorschub bewirken. Oft sind auch nur Längsriefen vorhanden, namentlich dann, wenn die untere Fläche des Holzes, welche auf den Walzen aufruht, mehr geschont werden soll.

Die beiden unteren Walzen erhalten den Antrieb direct von einem Schaltmechanismus, welcher hier von dem Gatterzapfen abgeleitet ist. Mit ihm ist eine kurze Stange *f* verbunden, welche an einem Winkelhebel *g* angreift und denselben beim Auf- und Abwärtsgang des Rahmens in oscillierende Bewegung versetzt. Mit dem zweiten Arm des Winkelhebels ist das Ende der Stange *h* derart verbunden, dass dieses Ende an dem Arme beliebig verschoben, also dem Drehungspunkte genähert oder von demselben entfernt werden kann, wodurch die davon abgeleitete Bewegung regulierbar ist. Die Stange *h* bethätigt eine Schiebklemme *i*, von welcher wir vorderhand nur sagen wollen, dass durch sie das Schiebrad *k* nach einer Richtung hin bewegt wird, während bei der Rückkehr der Stange *h* ein Mitnehmen nicht stattfindet, das Rad *k* also in Ruhe verharrt. Zur Sicherung ist ein Gegenhalter bei *i'* angebracht, welcher eine entgegengesetzte Drehung verhindert. Von dem Rade *k* wird die Bewegung durch ein mit ihm verbundenes Getriebe auf die zwei gleichgrossen, auf den unteren Walzen aufgekeilten Stirnräder *l* und l_1 übertragen und daraus ist ersichtlich, dass die Walzen eine ruckweise Bewegung, beide nach derselben Richtung erhalten. Da das Schiebwerk *i* dann wirkt, wenn die Stange *h* sich von rechts nach links bewegt, dies aber beim Abwärtsgange des Gatterrahmens stattfindet, so findet der Vorschub während des Sägens statt.

Die oberen Vorschubwalzen werden bei schweren Gattern, wie das dargestellte, ebenfalls angetrieben und geschieht dies von den unteren Walzen aus durch die Kegelräder *1*, *2*, *3* und *4* und vier andere, ebenso angeordnete Räder für das rückwärtige Walzenpaar. Damit der Zwischenraum zwischen den unteren und oberen Walzen der Stärke des Blockes entspricht, sind die letzteren in einer Führung vertical verstellbar und werden durch Gewichte nach abwärts gedrückt. Die beiden Räder *3* und *4* sind

durch einen Bügel so miteinander verbunden, dass sie beständig im Eingriffe bleiben müssen.

Das Rad *3* ist auf der Welle *m* verschiebbar und besitzt dieselbe aus diesem Grunde eine Längsnuth. Die Pressung der beiden oberen Walzen gegen den Block wird dadurch bewerkstelligt, dass die beiden Gewichte G und G_1 die Räder n und n_1 zu drehen streben. Diese Drehung wird durch eine doppelte Räderübersetzung auf die beiden Getriebe o und o_1 übertragen, welche die beiden, die oberen Walzenlager tragenden Zahnstangen p und p_1 nach abwärts drücken. Ein an dem Gestell des Gatters fester Sperrkegel verhindert das Herunterfallen der Oberwalzen, wenn kein Sägeblock eingelegt ist.

Es ist noch der Vorschubmechanismus bei *i* näher zu besprechen. Fig. 655 zeigt die Schiebklemme in grösserem Masstabe. Sie besteht aus den beiden Backen b_1 und b_2, welche drehbar in der Flasche F gelagert sind. So wie die beiden Schienen eines Parallellineals am weitesten voneinander abstehen, wenn die sie verbindenden Schienen darauf senkrecht stehen (   ), so haben auch die dem Radkranze zugekehrten Flächen der Backen $b_1 b_2$ voneinander den grössten Abstand, wenn die Mittellinie der Flasche F radial gerichtet ist. Ist dies der Fall, so ist der Radkranz frei, nicht geklemmt. Macht aber die Zugstange *z* (entsprechend *h* der Fig. 654) eine Bewegung im Sinne des Pfeiles *1*, so erfolgt eine Schiefstellung der Flasche, die Backen $b_1 b_2$ klemmen den Radkranz und drehen das Rad im Sinne der Bewegung der Zugstange *z*. Bei der nun folgenden entgegengesetzten Bewegung der Zugstange *z*, Richtung *2*, wird die Flasche F zunächst aus der früheren schrägen Lage in die radiale übergehen, die Klemmung ist beseitigt und es gleiten die Backen über den Radkranz nach abwärts, indem sie der Bewegung des Stange *z* etwas vorzueilen suchen. Der Vorschub des Rades erfolgt also nur in der Richtung *1*. Es kann wünschenswerth sein, den Vorschub des Holzes sofort einzustellen, ohne die Maschine (das Gatter) zur Ruhe zu bringen. Zu diesem Zwecke ist dem Backen b_2 ein Fortsatz f gegeben, welcher, durch die Mutter m gegen die Flasche F gedrückt, eine solche Schiefstellung beider Backen

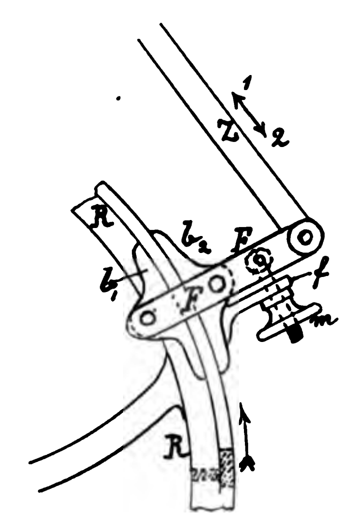


Fig. 655. Schiebklemme.

veranlasst, dass sie den Radkranz nur an ihren oberen Kanten klemmen. Das Anliegen der Backen mit ihren Kanten vermag aber den Radkranz nicht mitzunehmen, es gleiten vielmehr die Backen wirkungslos über den Radkranz, der Vorschub des Holzes ist eingestellt.

An irgend welcher geeigneten Stelle ist eine Sicherheitsklemme (*i'* Fig. 654) angebracht, deren Aufgabe darin besteht, ein Zurückdrehen des Schiebrades zu verhindern. Diese Klemme ist im wesentlichen wohl übereinstimmend mit der eben beschriebenen, weicht jedoch insofern ab, als ihre Flasche bei Drehung des Rades im Sinne des Vorschubes (Pfeil *1*) sich nur radial einstellen kann. Eine schräge Stellung bei sofortiger Klemmung des Rades findet dann statt, wenn sich das Rad entgegen der Richtung *1* zu drehen beginnt.

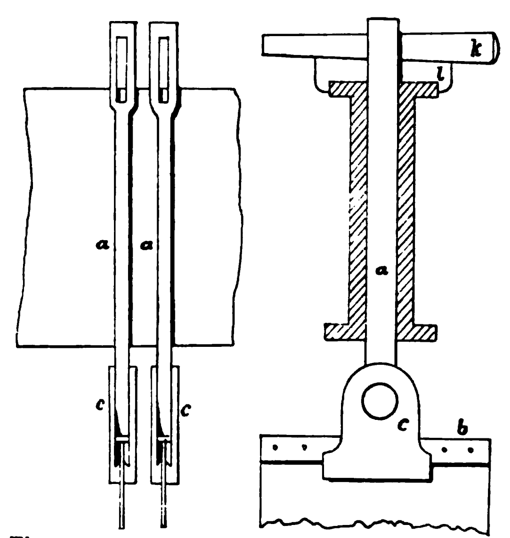


Fig. 656. Einspannvorrichtung der Sägeblätter.

Für die Arbeit jeder Gattersäge ist es wichtig, dass die Sägeblätter genau parallel zur Gatterbewegung und daher auch zu einander eingespannt sind. Auch muss sich der Abstand der Sägeblätter voneinander, von welchem die Dicke der zu schneidenden Bretter ebenso wohl als die Lage der Schnitte am Blocke abhängt, ohne grosse Schwierigkeit verändern lassen.

Eine diese Aufgabe gut lösende Anordnung zeigt Fig. 656 Das obere und untere Ende des Sägeblattes *b* ist beiderseits durch unterschnittene Leisten verstärkt und bildet so einen Doppelhaken welcher in die Kluppe *c* eingehängt wird, die drehbar mit oinem Bolzen *a* verbunden ist. Dieser Bolzen erhält am oberen Gatterriegel seinen Anzug durch Keil *k* und Gegenkeil *l*, mit dem unteren Gatterriegel stellt das T-förmige Ende des Bolzens (⊥) die Verbindung einfacher her. Damit die Sägeblätter in dem richtigen Abstande voneinander festgehalten werden, sind auf den unteren Gatterriegel zwischen die Sägen Holzbeilagen gesetzt, welche sammt den Sägen durch zum Riegel parallele Zugschrauben festgehalten werden.

Eine Veränderung der Sägenstellung erheischt ein Lösen der Verbindungen der Sägen mit dem Gatter, Auswechslung der Beilagen und neuerliche Feststellung der Sägen. Diese zeitraubende Vorbereitung des Gatters trachtet man thunlichst selten vornehmen zu müssen und sortiert die zu schneidenden Blöcke so, dass man mit derselben Sägestellung mehrere Blöcke schneiden kann. Schliesslich müssen die Sägen behufs Auswechslung mit frisch geschärften ohnedies ausgebunden werden.

Bei der beschriebenen Gattersäge liegen die Zahnspitzen jedes Sägeblattes in einer verticalen Geraden, und weil die Säge beim Niedergang schneidet, so muss auch, wie oben bemerkt, der Vorschub beim Niedergang erfolgen. Würden die Zahnspitzen jedoch überhängen, d. h. in einer gegen das zugeführte Holz etwas geneigten Geraden liegen, hätte die Säge Anlauf oder Busen, so hätte der Vorschub des Holzes während des Hubes zu erfolgen.

Nach Hartig's Versuchen lässt sich der Arbeitsverbrauch ε pro $1\,m^2$ Schnittfläche in der Stunde für lufttrockenes Fichtenholz ausdrücken durch die Formel

$$\varepsilon = 0{\cdot}046 + 0{\cdot}224 \frac{H s}{z},$$

wobei H die Hubhöhe in Metern, s die Schnittbreite in Millimetern, z die Zuschiebung pro Schnitt in Millimetern bedeutet.

Für die Schnittfläche F und die Leergangsarbeit No wird der totale Arbeitsverbrauch N:

$$N = No + \varepsilon F.$$

Von den Kreissägen sei noch hervorgehoben, dass man sie dort, wo das Holz sehr niedrig im Preise steht, ganz wohl zum Herstellen von Brettern u. a. grösserem Schnittholze verwenden kann.

Die Schwierigkeiten, welche das Härten sehr grosser Kreissägen bietet, können dadurch umgangen werden, dass man die Scheiben aus weichem Eisen herstellt und Stahlzähne einsetzt.

Am schönsten ist die Gestaltung der Stahlzähne von H. Disston gelöst. Die spirallinige Begrenzung des Zahnes drückt sich, wie Fig. 657 zeigt, um so fester an den Zahnsitz, je kräftiger der Zahn zur Wirkung kommt. Diese Sägezähne verlangen specielle Vorrichtungen zu ihrer und des Blattes genauer Herstellung.

Die Umfangsgeschwindigkeit der Kreissägen beträgt 5 bis 40 *m*.

Im allgemeinen gibt man der Säge beim Schneiden dünnen Holzes eine grössere Geschwindigkeit. Sägen für das Querschneiden des Holzes erhalten nicht über 25 *m* Geschwindigkeit; in diesem Falle lagert man die Säge häufig in verschiebbaren

(beweglichen) Lagern, weil die gleichmässige Zuführung langer Hölzer senkrecht zu ihrer Längsachse oft schwieriger zu bewerkstelligen ist, als der Säge die rotierende und fortschreitende Bewegung zu geben.

Es ist vortheilhaft, das Holz entgegen dem Laufe der Zähne (vgl. S. 523, Fig. 600) zuzuführen.

Die Leistung der Kreissägen ist eine grosse. Bei einer Schnittfugenbreite von 5·5 *mm*, also bei starker, grosser Säge, wurde pro Pferdekraft und Stunde 5 m^2 Schnittfläche erhalten; die Menge des verspannten Holzes beträgt bei harten Hölzern 14.000 cm^3, bei weichen 28.000 cm^3. Es erfordert demnach 1 cm^3 verspanten Holzes eine Bruttoarbeitsgrösse von 19·3, beziehungsweise 9·6 *mkg* (der Maschine zugeführte Arbeit). Die von dem Werkzeuge selbst geleistete Nettoarbeit kann rund mit 50%, d. i. mit 10 und 5 *mkg* angenommen werden. Vergleichen wir diese Zahlen mit den für die Verspannung von 1 cm^3 Eisen erforderlichen 100 *mkg* (vgl. S. 444), so stellt sich der Arbeitswiderstand des harten Holzes auf $^1/_{10}$, des weichen Holzes auf $^1/_{20}$ des Widerstandes des Eisens.

Die Widerstandsarbeit bei Verspannung von 1 cm^3 harten Holzes beträgt etwa 10 *mkg*, von 1 cm^3 weichen Holzes 5 *mkg*.

Fig. 657.

Hartig gibt für den Arbeitsverbrauch an Kreissägen die Formeln $N = N_1 + N_0$, wobei N_1 die Nutzarbeit, N_0 die Leergangsarbeit bedeutet.

$$N_1 = \frac{s F}{1000 v} \text{ und } N_0 = \frac{U . D}{8 . 10^5}$$

s Schnittbreite in Millimetern, *F* Schnittfläche in Quadratmetern $v = 0{\cdot}014\, m^3$ für hartes, $v = 0{\cdot}028\, m^3$ für weiches Holz. *U* Tourenzahl pro Minute, *D* Sägeblattdurchmesser in Millimetern.

Bandsägen. Die Schnittgeschwindigkeit der Bandsägen liegt gewöhnlich zwischen 6 und 20 *m*, ausnahmsweise auch noch viel höher; der Vorschub kann bei Hölzern von 200 *mm* Dicke mit einer Geschwindigkeit von 0·004 der Sägegeschwindigkeit erfolgen, bei schwächeren Hölzern natürlich noch rascher.

Interessant sind die folgenden Angaben, welche Prof. Escher in seinem Berichte über die Ausstellung in Chicago über eine der grössten Bandsägen der Stearns Manufacturing Co. in Erie, Pa., machte. Er sagt:

„Die beiden senkrecht übereinander stehenden Rollen hatten 2·440 *m* (8 Fuss) Durchmesser; sie werden indessen bis zu 10 Fuss gebaut. Die Umdrehungszahl betrug 400 pro Minute, was einer Umfangsgeschwindigkeit von 51 *m* pro Secunde entspricht. Das Blatt hatte 305 *mm* Breite; es wurde seitlich durch zwei Backen aus Weissmetall und am Rücken durch eine Stahlrolle geführt und von beiden Seiten durch zwei Spritzröhren mit Wasser gekühlt. Die maximale Schnitthöhe betrug 80 *cm*. Der auf Schienen laufende Blockwagen wurde direct durch die 6 *cm* dicke Kolbenstange eines Dampfcylinders von etwa 20 *cm* Durchmesser und 8 *m* Hub bewegt.

Der Block von Nadelholz, etwa 50 bis 60 *cm* stark und 5 *m* lang, wurde durch eine endlose Kette mit vorspringenden Klauen in einer kreisbogenförmig profilierten Holzrinne herbeigeschleppt, dann, sobald er auf der Höhe des Blockwagens angekommen war, durch zwei mit Dampf bewegte, von unten herauf schlagende Hebel aus der Rinne geworfen, so dass er fast von selber auf den Blockwagen rollte. Darauf tauchte aus der Versenkung ein zweiter, ebenfalls mit Dampf bewegter Hilfsapparat, „Steamnigger" oder „Dampfneger" genannt, der den Block vollends auf den Wagen warf und gegen die Docken anpresste, so dass der Mann auf dem Blockwagen nichts weiter zu thun hatte, als die Klauen an den Docken mit einem einzigen Griff an einem Hebel anzuziehen. Nun setzte sich der Blockwagen in Bewegung und nach jedem Rückgange wurden die sämmtlichen Docken durch eine einzige Hebelbewegung um die Brettdicke vorgeschoben. In Zeit von drei Secunden war der Schnitt durchgeführt, so dass die secundliche Schnittgeschwindigkeit sich auf mehr als 1·6 *m* beziffert. Der Rücklauf des Wagens erfolgte mit noch etwas grösserer Geschwindigkeit. Beim Beginn des Rücklaufes wurde durch eine selbstthätige Vorrichtung auf den Wagenachsen (setting of motion) der ganze Wagenrahmen etwas vom Blatt ab- und beim Beginn des Vorlaufes wieder zugerückt. Beim Umspannen trat wieder der „Dampfneger" in Thätigkeit.

In Zeit von drei Minuten wurde jeweilen ein Block bei viermaligem Auf- respective Umspannen vierseitig beschnitten und in Bretter von 1 Zoll = 25·4 *mm* zerlegt. Es waren dazu etwa 25 Schnitte erforderlich. Die Bedienung bestand aus drei bis vier Mann; der eine steuerte die Dampfhülsapparate und den Blockwagencylinder, einer oder zwei waren auf dem Blockwagen postiert und bedienten die Klauen und den Vorschub der Docken und der letzte legte die fallenden Bretter auf ein Walzensystem, welches sie selbstthätig fortschaffte.

Nachdem der Stamm zerlegt war, wurden von derselben Arbeitercolonne auf einer Serie von Kreissägen die Schwarten abgeschnitten, in drei Theile quer getheilt, in Lättchen von 40 auf 10 *mm* geschnitten und diese in Bündel gebunden. Diese Arbeiten nahmen ebenfalls drei Minuten in Anspruch; es würde also eine doppelte Arbeitercolonne in Zeit von drei Minuten mit einem Stamm vollständig fertig werden. Die Dampfmaschine zum Betriebe der Bandsäge mochte etwa 60 bis 80 Pferdestärken haben. Die Treibriemen waren 60 *cm* breit. Der ganze Antrieb befand sich unter dem Boden. Neben der ungeheueren Leistungsfähigkeit der Sägen muss man namentlich noch die Sicherheit bewundern, mit welcher die Mannschaft auf dem Blockwagen ihren Dienst versah. Bei der Raschheit der Bewegungen (etwa 5 Secunden für Hin- und Hergang) stellt diese Arbeit grosse Anforderungen an die Gewandtheit und Kühnheit der Leute."

Prof. Hartig gibt für den Arbeitsverbrauch der Bandsägen pro 1 m^2 Schnittfläche, von der Leergangsarbeit abgesehen, die Formel

$$E = 0{\cdot}052 + \frac{c\,s}{10^7 \zeta} \text{ Pferdestärken.}$$

Hierbei ist s die Schnittbreite in Millimetern, ζ der Quotient aus Zuführungs- und Sägegeschwindigkeit. Der Coëfficient $c = 326$ für Fichtenholz, 412 für Eichenholz und 485 für Rothbuchenholz.

Fig. 658. Schränkeisen.

Die richtige Instandhaltung der Sägen erheischt gute Schränkung und Schärfung.

Die Schränkung erfolgt mittelst Schränkeisen, Schränkzangen und bei Bandsägen durch besondere Schränkvorrichtungen, die Schärfung entweder durch Feilen oder Schleifen.

Eine einfache, viel gebrauchte Form des Schränkeisens zeigt Fig. 658. Bei seiner Anwendung wird die Säge, die Zähne nach oben gekehrt, in einen Schraubstock gespannt, das Schränkeisen mit dem zur Blattdicke passenden Spalte auf einen Zahn aufgesetzt und der Zahn dann durch Bethätigung des Schränkeisens aus der Ebene des Blattes zur Seite gebogen. Alle geraden Zähne auf eine Seite, alle ungeraden auf die zweite. Diese Ausbiegung hat gleichweit zu erfolgen, denn sonst würden die weiter ausgebogenen Zähne beim Sägen viel zu stark beansprucht werden und brechen.

Man kann wohl das geschränkte Blatt durch Ziehen desselben durch einen entsprechend breiten, in einer Eisenschiene ange-

brachten Schlitz rectificieren, d. h. die zu weit ausgebogenen Zähne wieder einwärts drücken, doch gelingt dies nicht vollkommen. Das Schränken selbst soll daher gleichmässig erfolgen. Alle Verbesserungen des Schränkeisens und sämmtliche Schränkzangen beabsichtigen das Ausbiegen zu regeln.

Bringt man am gewöhnlichen Schränkeisen eine stellbare Klemme an, welche mit einem Fortsatze, ähnlich einem gekrümmten Finger, gegen das Sägeblatt stösst, sobald die Biegung auf die richtige Weite erzielt ist, so kann das Schränken nur gleichmässig erfolgen.

Denkt man sich das Maul einer Flachzange so abgeändert, dass statt ebener Flächen je zwei unter stumpfem Winkel liegende Ebenen (⟨⟨) das Maul bilden, so bewirkt ein Zangendruck die Schränkung eines Zahnes; ist hierbei das Sägeblatt soweit mit einem seiner Zähne in die Zange eingeführt, als dies überhaupt möglich ist, so wird die Biegung eine ganz bestimmte sein. Es gibt Dutzende verschiedener Schränkzangen.

Für das Schränken der Bandsägen ist eine Vorrichtung erfunden, bei welcher ein gleicharmiger Hebel in schwingende Bewegung gesetzt wird. Jede Rechts- oder Linksdrehung des Hebels kann nur bis zu einem bestimmten Winkel erfolgen, von welchem die Ausbiegung des Sägezahnes nach rechts oder links abhängt. Ist ein Zahn ausgebogen, so wird der Rückweg des Hebels zur Bethätigung einer Schiebklaue verwendet, welche das endlose Sägeblatt um die Zahntheilung verschiebt und dadurch einen nächsten Zahn der Einwirkung zuführt. Das Sägeblatt hat hierbei seine Führung in der Schränkvorrichtung, welche in einem Schraubstocke entsprechend gehalten ist. Die Zähne der Säge sind nach oben gekehrt.

Findet das **Schärfen der Sägezähne** von Hand aus durch eine dreieckige Feile statt, dann unterliegt es keinen Schwierigkeiten, die Schärfung nach Fig. 645 c, S. 554, vorzunehmen, weil es dem Arbeiter wenig Mühe macht, in entsprechend schiefer Richtung zum Blatte zu feilen.

Erfolgt das Schärfen aber auf Schleifmaschinen mittelst Schmirgelscheiben, so wird die Construction der Maschine wesentlich complicierter, wenn man spitze Zuschärfungswinkel erhalten will. Meist begnügt man sich mit Winkeln von 90°, wodurch sämmtliche Zähne den gleichen Anschliff erhalten können.

Aus der Literatur seien hervorgehoben:

H. Fischer, Die Holzsäge. Berlin 1879, Rudolf Gaertner.
W. F. Exner, Die Handsäge und Säge-Maschinen. Weimar 1878, B. F. Voigt.

Allgemeinere Werke über Holzbearbeitung sind:

A. Ledebur, Die Verarbeitung des Holzes auf mechanischem Wege. Braunschweig 1881, Fr. Vieweg & Sohn.

Carl Pfaff und W. F. Exner, Die Werkzeuge und Maschinen zur Holzbearbeitung ausschliesslich der Säge. Weimar 1882, B. Fr. Voigt.

M. Powis, Woodworking-Machinery. London 1880, Crosby Lockwood and Co.

Armengaud ainé, Les Scieries mécaniques et les Machines-Outils à travailler les bois. Paris, Armengaud.

Die Sägemaschinen zur Metallbearbeitung sind für das Abschneiden von Walzeisen, sei es normal oder schräge zur Längsrichtung, von ausserordentlichem Werthe. In den Maschinenfabriken findet diese Arbeit fast ausschliesslich bei gewöhnlicher Temperatur mit einer Schnittgeschwindigkeit von 60 bis 100 *mm* statt — Kalteisensägen —, in den Walzwerken jedoch werden die noch glühenden Walzstücke von den unreinen Enden (Zöpfen) durch rasch rotierende Kreissägen — Warmeisensägen — befreit; die Geschwindigkeit der Säge beträgt etwa 10 *m* und läuft die Säge mit ihrem unteren nicht arbeitenden Theile in Wasser. Sehr häufig sind diese Sägen als Pendelsägen gebaut, d. h. die Achse der Säge ist in einem Pendel gelagert, welches beim Schnitte dem Arbeitsstücke genähert wird.

In der Ausbildung der Kaltsägen hat insbesondere die Werkzeugmaschinenfabrik von Hein. Ehrhardt in Düsseldorf hervorragendes geleistet. Ihre Kreissägen erhalten die Arbeitsbewegung durch Schraube und Schraubenrad, letzteres an der Achse der Säge sitzend. Je nach dem Zwecke erhält die Sägeachse entweder nur verticale Einstell- und Schaltbewegung, oder sie wird von einem vertical drehbaren Hebel getragen, oder sie kann, wenn in einem horizontal geführten Schlitten gelagert, auch horizontale continuierliche Schaltbewegung empfangen, oder die Achse ist in einem drehbaren Spindelkopfe gelagert und es kann hierdurch das Kreissägeblatt in beliebiger Neigung eingestellt werden u. s. w.

Zumeist sind an Ehrhardt's Maschinen Tische angebracht, welche selbst wieder Einstellbewegungen zulassen, so dass die Maschine sehr verschiedenen Aufgaben angepasst werden kann.

Zum Abschneiden von Stabeisen werden nicht selten kleine maschinell bewegte Bogensägen unter der Benennung Oscilliersägen verwendet. Der erforderliche Andruck wird diesen Sägen durch Gewichtsbelastung gegeben, welche auch bei manchen Kreissägen statt continuierlicher Schaltbewegung in Anwendung steht.

Die Bandsägen können mit Vortheil dazu verwendet werden, bei gekröpften Wellen, Gabelhebeln u. dgl., welche massiv ge-

schmiedet sind, die Einschnitte für das zu entfernende Materialstück zu machen und sie arbeiten wesentlich schneller als die hierzu meist verwendeten Stossmaschinen.

Die sogenannte Universal-Radial-Schweifsäge arbeitet mit einem schmalen Blatte, welchem verticale Rückkehrbewegung gegeben wird. Das Blatt ist mit einem Ausleger combiniert, welcher um eine Verticalsäule drehbar ist und durch ein Gelenk überdies gestattet, mit dem Sägeblatte innerhalb eines weiten Raumes zu arbeiten. *S* deutet die Säule im Grundrisse an, *g* ist das Gelenk des Auslegers *a*. s○——g·——a| Diese Säge ist insbesondere geeignet in Kesselblech grosse Löcher verschiedenster Form auszusägen; es braucht nur ein Loch von 28 *mm* vorgebohrt zu werden, durch welches die Säge gesteckt wird.

Es sei nochmals bemerkt, dass die Anwendung der Metallsägen in vielen Maschinenfabriken eine zu beschränkte ist, was sich zum Theile dadurch erklärt, dass manche Werkmeister an dieses wichtige Hilfsmittel der Metallbearbeitung zu wenig gewöhnt sind.

Sägen zur Steinbearbeitung.

Die Mehrzahl der in Anwendung stehenden Sägen zum Schneiden von Steinen arbeiten schleifend, denn das unverzahnte geradlinige hin- und herbewegte Sägeblatt bringt nur den Schleifsand zur Wirkung. (S. Näheres bei Schleifen.)

Es gibt jedoch auch eigentliche Steinsägen, welche für den Schnitt weicher Steine mit den oben besprochenen Kaltsägen übereinstimmen können oder namentlich für harte Steine mit Carbon (schwarzem Diamanten) arbeiten, dessen Krystalle in das Sägeblatt eingesetzt sind. Man setzt die Carbons unmittelbar in kleine Pflöckchen aus Stahl und diese erst in entsprechende Ausschnitte des Sägeblattes, wobei die Verbindung durch Schwalbenschwanz und Nietung höchst sorgfältig erfolgt. Es sind grosse Steinsägen mit geradlinig horizontal hin und her geführtem Blatte und solche mit Kreisscheiben in Anwendung, die Geschwindigkeit mag in ersterem Falle bei 2 *m*, im letzteren bei 30 *m* betragen. Das Mehl wird durch Wasser aus dem Schnitte entfernt.

V. Feilen.

Was Säge und Hobel dem Tischler sind, das ist Hammer und Feile dem Schlosser. In der handwerksmässigen Metallbearbeitung ist die Feile das nach dem Hammer meist gebrauchte Werkzeug.

Aber auch im maschinellen Betriebe lässt sich die Feilarbeit selten ganz umgehen, wenigstens spielt sie in den Reparaturwerkstätten eine wichtige Rolle.

Die Feile ist im allgemeinen ein stählernes Werkzeug, dessen Oberfläche durch regelmässige Meisselhiebe mit schneidenden Zähnen versehen ist. Nur ausnahmsweise finden sich Feilen aus weichem Eisen und aus Hartguss; erstere für die Bearbeitung weicher Metalle, letztere für Appretur von Eisenguss.

Die aus Stahl hergestellten, also die fast allein in Verwendung stehenden Feilen, sind glashart gehärtet, nicht nachgelassen.

Bei der Erzeugung der Feilen ist das entsprechend vorgeschmiedete und abgeschliffene Stahlstück auf eine feste Unterlage (Hauamboss) gelegt, der Meissel wird geneigt aufgesetzt und mit dem Feilhauerhammer eingetrieben. Hierdurch entsteht eine Kerbe, welche sich aus einem vertieften und aufgetriebenen Theile zusammensetzt, der Hieb. War das Stahlstück eben geschliffen und die Meisselschneide geradlinig, so entsteht eine geradlinige scharfe Kante, welche sich ihrer ganzen Länge nach gleich hoch über das Werkstück erhebt.

Der geneigten Lage des Meissels entsprechend ist die vordere Wand des aufgeworfenen Grathes überhängend, der Rücken ansteigend zur Kante. Hebt man den Meissel aus, setzt man ihn hinter dem Hiebe auf den Feilenkörper und schiebt man ihn parallel zu sich selbst vor, so gelangt die Meisselschneide an den Rücken des Hiebes und steht hierdurch parallel und in angemessener Entfernung vom ersten Hiebe. Der Meissel wird nun wieder, und zwar mit gleicher Kraft eingetrieben und es entsteht eine zweite Kante u. s. w.

Wenn die Feile nur eine Reihe paralleler Hiebe erhält, so heisst sie einhiebige Feile. In der Regel haut man die Feilen aber so, dass nach der ersten Serie von Hieben, dem Grundhiebe, eine zweite Reihe von Hieben gegeben wird, Oberhieb. Die Meisselstellung ist hierbei eine solche, dass der Oberhieb den Grundhieb regelmässig kreuzt, durch welche Kreuzung spitze Zähnchen in regelmässiger Vertheilung entstehen. Die Feilen mit Doppelhieb sind die gewöhnlich gebrauchten, einhiebige Feilen stehen nur ausnahmsweise, für Holz und weiche Metalle, in Verwendung.

Der Winkel, unter dem der einfache Hieb oder bei doppelhiebigen Feilen der Oberhieb gegen die Längsachse der Feile gelegt wird, beträgt ungefähr 70°. Bei Feilen mit Doppelhieb sind die Winkel, unter welchen beide Hiebe liegen, absichtlich verschieden gehalten, damit die Kreuzungsstellen beider Hiebe, die Zähne, nicht

in gerade Linien fallen, welche zur Längsachse parallel liegen, wie dies der Fall sein müsste, wenn die beiden gleichweiten Hiebe dieselbe Neigung zur Längsachse hätten; denn man will, dass die Zähne beim Längsschub der Feile die Arbeitsfläche gleichmässig bearbeiten, nicht aber reihenweise hintereinander hergehen und so zur Bildung von Längsfurchen führen.

Was die Beschaffenheit des Hiebes betrifft, so kann dieser entweder grob, mittel oder fein sein. Zu den Feilen mit grobem Hieb gehören die sogenannten Arm- und Strohfeilen, welch letztere den Namen nach der Art ihrer Verpackung tragen. Feilen mit mittlerem Hieb nennt man Vorfeilen, auch wohl Bastardfeilen, die mit feinem Hieb Schlichtfeilen. Manchmal folgt noch eine Stufe, die sogenannten Feinschlichtfeilen. — Feilen, bei denen der Hieb wiederum beinahe gänzlich abgeschliffen ist, oder welche anstatt des Hiebes nur die leichten Ritze eines groben Schleifsteines erkennen lassen, werden als Polierfeilen verwendet.

Die obigen Bezeichnungen sind alle nur relativ zur Grösse der Feile zu verstehen, so dass der Hieb einer 40 *cm* Schlichtfeile gleich dem einer 15 *cm* Vorfeile sein kann; daher man nur aus der Zahl der Einschnitte pro Centimeter auf die Feinheit einer Feile bestimmt schliessen kann. Diese Zahl wechselt zwischen 6 bis 90 auf 1 *cm*.

Der Feilhauer bedarf einer ausserordentlich hohen Fertigkeit. Bei einer Feile, welche durchaus gleichbreit verläuft, muss Hieb für Hieb von derselben Intensität sein; bei Feilen aber, welche gegen ihr Ende an Breite abnehmen, müssen die Hiebe, weil von der Spitze gegen die Angel gehauen wird, an Kraft allmählich wachsen.

Ist auch mathematische Genauigkeit nicht möglich, so ist doch das, was gute Feilhauer wirklich leisten, zu bewundern. Wäre es möglich, die einzelnen Hiebe mathematisch gleichweit voneinander anzubringen, so müssten die Kreuzungsstellen von Grund- und Oberhieb, die Zähne, in geraden Linien liegen, deren Abstand der Diagonale des kleinen Rhombus, welchen je zwei benachbarte Grund- und Oberhiebe miteinander bilden, nahezu gleich wäre. Man nimmt diese Spitzenlinien deutlich wahr, wenn man die Feile der Länge nach gegen das Licht hält und unter ziemlich spitzem Sehwinkel betrachtet. Diese Linien, „Schnürl", zeigen deutliche wellenförmige Abweichungen von der Geraden und die Feilhaumaschinen sind so gebaut, dass sie die „Schnürl" der von Hand aus gehauenen Feilen nachahmen. Die grössere Regelmässigkeit dieser Wellen bei den mit der Maschine gehauenen Feilen lässt sie von den mit der Hand gehauenen unterscheiden.

Die Feilhaumaschinen sind bereits so ausgebildet, dass sie die Handarbeit für die gewöhnlichen Formen und Hiebstärken vollkommen ersetzen. Es ist aber nothwendig, die Maschinen in verschiedenen Grössen und mit verschiedenen Einspannvorrichtungen zur Anwendung zu bringen, und ist dies natürlich nur bei Massenfabrikation in eigenen Feilenfabriken möglich.*)

Wenn eine Feile auf einer Seite den Hieb erhalten hat und die Gegenseite zu hauen ist, so wird die Feile auf eine Bleiplatte und diese auf den Amboss gelegt, damit der Hieb geschont wird. Besondere Querschnittsformen verlangen besondere, dazu passende Unterlagen.

Sind die Feilen fertig gehauen, so werden sie gehärtet, und zwar nur der mit Hieb versehene Theil glashart,**) während die Angel weich bleiben soll. Der Feilenstahl muss einen hohen Härtegrad annehmen können. Damit die Zähnchen der Feile beim Erhitzen keinen Glühspan ansetzen, wodurch sie stumpf würden, überzieht man die Feile mit einem Brei, dessen wichtigster Bestandtheil geröstetes Hornpulver oder auch Spodium ist. Die Angeln werden nicht glühend gemacht oder falls dies geschah und sie auch hart geworden sind, so können sie durch Fassen in glühende Zangen wieder weich gemacht werden. Es stehen besondere Einrichtungen Glühöfen etc. in Verwendung.

Die Feilen werden hauptsächlich mit Bezugnahme auf die Gestalt des Querschnittes, jedoch auch mit Rücksicht auf die Art des Hiebes, ihre besondere Bestimmung und andere Umstände benannt.

Die grössten Feilen, im Querschnitt quadratisch und gegen das Ende verjüngt, ohne in eine Spitze auszulaufen, mit schwach convexen Seitenflächen, heissen Armfeilen. Sie dienen für grobe Arbeiten als Vorfeilen, der Hieb ist grob, sein Abstand bei 1 *mm*.

Feilen von rechteckigem Querschnitte (▭), durch die ganze Länge gleich breit und an einer der Schmalseiten unbehauen, werden Ansatzfeilen genannt, weil sie sich infolge der einen glatten Seitenfläche sehr gut eignen, an Ansätzen (⌐L____), ohne dieselben anzugreifen, das nebenliegende Material zu bearbeiten. Der Hieb kann mittelgrob bis sehr fein sein.

---

*) Es sei auf die neueren Patente verwiesen, insbesondere auf jene von Ambrose Shardlow, Jos. u. Theod. Fischer und der St. Egydyer Eisen- und Stahl-Ind.-Gesell. Eine grosse Feilenfabrik befindet sich in Furthof bei St. Egydy, N.-Oesterr.

**) Probe. Beim kräftigen Bestreichen mit der Bruchecke einer guten, gebrochenen Feile soll kein Umlegen, sondern ein Ausbrechen des Hiebes erfolgen. Ein federhartes Stahlstück soll auf dem Hiebe keine sichtbare Spur (weissen Strich) zurücklassen und mit gleich bleibendem Widerstand über die Feile gleiten.

Die spitzflachen Feilen haben auch rechteckigen Querschnitt doch nimmt ihre Breite gegen die Spitze ab.

Die halbrunden, dreieckigen, viereckigen und runden Feilen haben in der Regel gegen die Spitze abnehmenden Querschnitt, sind durchwegs mit Hieb versehen, dessen Feinheit verschieden sein kann. Die Querschnitte sind Kreissegmente, gleichseitige Dreiecke, Quadrate und Kreise. Kleine Rundfeilen, deren grösster Durchmesser 3 bis 4 *mm* beträgt, werden Rattenschwänze genannt,

Vogelzungen heissen Feilen, deren Querschnitt ein sphärisches Zweieck von flacher Krümmung (⊂⊃), Karpfenzungen solche, deren ähnlicher Querschnitt starke Krümmung (O) aufweist.

Messerfeilen haben die Hauptform eines Schnitzers, statt der Schneide findet sich aber eine schmale, mit Hieb versehene Fläche, auch die Seitenflächen sind behauen.

Einstreichfeilen haben sechseckigen durchwegs gleichen Querschnitt, doch sind zwei entgegengesetzt stehende Flächen sehr schmal, so dass der Querschnitt annähernd rhombische Gestalt annimmt, wobei die eine Achse des Rhombus etwa sechs- bis achtmal grösser als die andere ist. Die Messerfeile und die Einstreichfeile werden benützt, schmale Schlitze in Arbeitsstücke einzufeilen.

Die Wälzfeile ist eine gleich breite Feile, deren cylindersegmentförmige Rückenfläche glatt ist, während die ebene Fläche Hieb besitzt. Man benützte diese Feilen seinerzeit zum Abrunden, „wälzen", der Zähne kleiner Zahnräder, wobei die unbehauene Fläche dem Nachbarzahne keinen Schaden beifügen konnte. Für ähnliche Zwecke werden diese Feilen auch jetzt noch verwendet.

Mit der Bezeichnung Riffelfeilen fasst man alle jene S-förmigen Feilen (‿—⁀) zusammen, welche aus zwei in der Längenrichtung gekrümmten, durch einen glatten (unbehauenen) Schaft verbundenen Feilen bestehen. Der mit Hieb versehene Theil kann halbrund, rund, flach u. s. w. sein. Diese Feilen werden insbesondere dazu verwendet, concav gekrümmte Flächen zu bearbeiten. Sie stehen auch vielfach zur Nacharbeit von kleinem Kunstguss in Verwendung.

Aehnlichen Zwecken dienen, insbesondere bei der Bearbeitung von Edelmetall, die Nadelfeilen. Es sind dies ungehärtete kleine Feilen verschiedensten Querschnittes, wohl auch aus weichem Eisen hergestellt, welche vom Arbeiter nach Bedarf gebogen werden können.

Für die Bearbeitung grosser ebener Flächen verwendet man flache Feilen, deren Schwanz (sonst die Angel) zu einem Griffe aufgebogen ist, so dass die Feile ihrer ganzen Länge nach an der zu bearbeitenden Fläche anliegen kann.

Für sehr kleine Arbeitsstücke, welche entweder zwischen den Fingern oder in einem kleinen Feilkloben gehalten und über die Feile hingeführt werden, bedient man sich mit Vortheil der Liegefeilen. Es sind dies grössere, im Querschnitte rechteckige, prismatische mit Hieb versehene Stahlstücke, welche durch ihr Eigengewicht, auf der Werkbank liegend, dem beim Feilen entstehenden Zuge genügend widerstehen.

Für specielle Zwecke werden auch Façon- oder Profilfeilen angewendet. Diese Feilen besitzen durchaus gleichen, profilierten Querschnitt.

Zu den Feilen sind auch die sogenannten Spitzringe, so gegenannt, weil sie besonders zum Zuspitzen von Draht (Nadeln) verwendet werden, zu rechnen. Es sind dies Stahlscheiben, welche an der cylindrischen Mantelfläche mit Hieb versehen sind und gewöhnlich einen Durchmesser von 30 bis 100 *mm*, eine Dicke von 20 bis 60 *mm* besitzen, doch werden sie auch in grösseren Abmessungen angewendet. Verwandt mit den Spitzringen sind die sogenannten Schneidrädchen. Auch diese sind an der Umfläche mit Hieb versehen, aber sie sind weit dünner, bei 40 *mm* Durchmesser etwa 2 bis 3 *mm* dick. Man rechnet sie nicht mehr zu den Feilen, sondern bereits zu den Fräsen, von welchen wir später sprechen. Spitzringe und Schneidrädchen werden mit einer rotierenden Spindel verbunden, daher rotierend verwendet.

Das Arbeiten mit der Feile geht immer so vor sich, dass zuerst die gröbsten Feilen, die man verwenden will, benützt werden, um die Fläche zu ebnen (das Bestossen), und hierauf in richtiger Stufenfolge die feineren Feilen, deren Anwendung den Zweck hat, den groben Feilstrich durch einen stufenweise feineren zu ersetzen, ohne noch viel zur Formveränderung beizutragen (das Schlichten).

Die feinen Feilen werden auf Schmiedeeisen und Stahl oft mit Oel gebraucht, welches mit den Feilspänen eine Art Paste bildet, die durch theilweises Verlegen des Hiebes einerseits ein sanfteres Angreifen der Feilen, andererseits aber das Festsetzen gröberer Späne verhindert.

Sind Feilen durch Feilspäne verlegt (verstopft), so werden sie entweder durch Streichen des Hiebes mit einer Stahlspitze oder bei feineren durch Benützung von Kratzbürsten oder durch ein auf ein Brettchen aufgenageltes Stück Baumwollkratze gereinigt, wobei

einige Tropfen Benzol, auf die Feile gebracht, durch Auflösen des verdickten Oeles die Reinigung sehr erleichtern.

Ein richtiges Feilen gehört zu den schwierigsten Arbeiten des Metallarbeiters. Gut gefeilte Arbeiten zeigen ebene glatte Flächen, scharfe Kanten, regelmässigen Feilstrich, d. h. lauter kleine, gleich tiefe, untereinander parallele Striche, die bei schmalen Gegenständen der Länge nach, nicht querüber oder schief liegen sollen.

Als Hilfsmittel benützt der Arbeiter Winkelmass, Richtschiene und Richtplatte. Bei dem Rundfeilen kleinerer Gegenstände werden diese in Feilkloben eingespannt, in die Rinne eines im Schraubstock eingespannten Holzes (Feilholz) eingelegt und durch Hin- und Herdrehen in dieser Rinne und gleichzeitiges Befeilen gerundet.

Das Schärfen stumpf gewordener Feilen kann zweimal durch richtig angewendetes Sandstrahlgebläse (s. bei Schleifen) erfolgen; dann müssen die Feilen neuerlich gehauen werden. Das Nachhauen erfordert das Entfernen des alten Hiebes und Weichmachen (Ausglühen). Ersteres geschieht oft nach dem Ausglühen durch Schleifen, zuweilen auch bei grobem Hiebe durch Fräsen oder durch Hobeln auf besonders hierzu eingerichteten Maschinen (Reinach in Berlin). Eintauchen in Kalkwasser schützt die geschliffenen Feilen vor Oxydation und gestattet, die Feilen nach Massgabe der Arbeitseintheilung dem Hauen zuzuführen.

Raspeln.

Raspeln sind Werkzeuge ähnlicher Form und Herstellungsweise wie die Feilen. Statt eines Meissels mit geradliniger oder auch krummliniger Schneide wird ein in eine Spitze endigender Meissel verwendet. Die Wirkung besteht in dem Auftreiben eines scharfen Zahnes bei jedem Hiebe. Die Zähne sollen in gleicher Grösse und gleichmässiger Vertheilung auf der Oberfläche der Raspel gebildet werden.

Raspeln werden zur Bearbeitung von Holz, Horn und weichen Metallen angewendet und sind sie nur in wenigen Formen, mit rechteckigem, halbrundem und rundem Querschnitte gangbar.

VI. Fräsen.

Fräsen*) sind Werkzeuge mit mehreren Schneiden, welche in einer Rotationsfläche liegen und hintereinander zur Wirkung ge-

*) Reuleaux führte dieses Wort auf die vor Jahrhunderten für Halskrause gebrauchte Bezeichnung „Fräse" zurück.

langen. Hervorgegangen sind die Fräsen aus den Schneidrädchen, welche wir bei Besprechung der Feilen bereits kennen lernten.

Während aber die Schneidrädchen auf ihrer Umfläche mit einer grossen Zahl sehr kleiner durch Hieb erzeugter Zähnchen versehen sind, weisen die Fräsen eine weit kleinere Zahl grosser Zähne auf. Es liegt nun wohl die Frage nahe, was vortheilhafter ist, die Anwendung der Schneidrädchen mit feilenartigem Hiebe oder der gegenwärtig gebrauchten Fräsen mit grossen Zähnen.

Die Antwort fällt zu Gunsten der modernen Form deshalb aus, weil man eine stumpf gewordene Fräse, welche grosse Zähne besitzt, durch Nachschleifen der einzelnen Zähne wieder scharf machen kann, während man ein stumpf gewordenes Schneidrädchen ausglühen, abschleifen, neu hauen und härten muss. Es ist also die Instandhaltung des Werkzeuges der modernen Form eine einfachere, rascher zum Ziele führende. Auch verliert der Stahl durch das Ausglühen und wieder Härten an Qualität; das Schneidscheibchen wird allmählich an Güte einbüssen, während man eine Fräse oftmals frisch schleifen kann, ohne dass der Stahl an Härte und Güte verliert.

Die Fräsen können in ihrer Form ausserordentlich mannigfach sein, so mannigfach als Rotationsflächen es sein können.

Die richtige Wirkung der Fräsen ist an die Bedingung geknüpft, dass ihre Schneiden thatsächlich in einer Rotationsfläche liegen und dass ihre Drehungsachse zugleich geometrische Achse dieser Rotationsfläche ist. Auch müssen die Fräszähne, damit sie schneidend wirken können, einen Schneidwinkel besitzen, der höchstens 90° betragen darf, und, damit die Zähne ins Material einzudringen vermögen, einen Anstellwinkel grösser als Null.

Es ist nicht leicht der ersten Bedingung, die Schneiden sollen sämmtlich in derselben Rotationsfläche liegen, zu entsprechen. Es verlangt diese Bedingung einen hohen Grad von Genauigkeit bei Herstellung und Instandhaltung der Fräsen. Wird dieser Bedingung nicht mit hohem Genauigkeitsgrade entsprochen, so leisten die einzelnen Zähne ungleiche Arbeit. Dies ist aber auch immer dann der Fall, wenn man die Fräsen von Hand aus schleift. Nur dann, wenn Fräse und Fräsmaschine richtig gewartet werden, ist die Arbeit vorzüglich und billig; zur richtigen Wartung der Fräse, auch der neuen, zum erstenmale gehärteten gehört der maschinelle Schliff.

Im nächsten Capitel werden die Fräsenschleifmaschinen zu besprechen sein, hier genügt es, vorderhand die theoretischen Bedingungen besprochen zu haben, welche zu erfüllen sind; diese

sind richtige Lage aller Schneiden in derselben Rotationsfläche und zweckentsprechende Schneid- und Anstellwinkel der Fräszähne.

Die Gestaltung der Fräsen kann, wie eingangs hervorgehoben, eine sehr verschiedene sein und die folgenden Figuren geben nur einige charakteristische Beispiele.

Die einfache Scheibenfräse,*) Fig. 659, wird geeignet sein, Arbeitsstücke von geringerer Breite als die Dicke der Fräse ihrer Länge nach zu bearbeiten, z. B. die Schmalseite einer Richtschiene, und hängt es von der Relativbewegung der Fräse zum Arbeitsstück ab, ob die Anarbeitungsfläche eine Ebene oder eine krumme Fläche ist. Man wird mit dieser Fräse aber auch Schlitze recht-

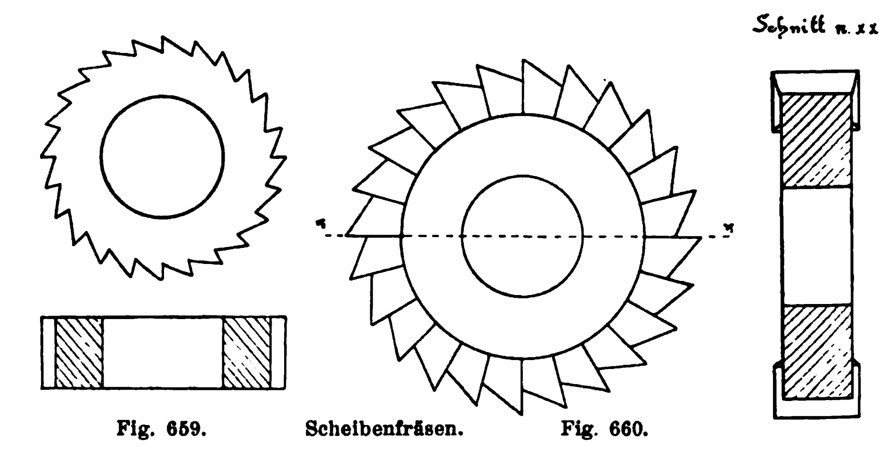


Fig. 659. Scheibenfräsen. Fig. 660.

eckigen Querschnittes einschneiden können, allerdings mit dem Uebelstande, dass sich die Seitenflächen im Schlitze reiben, weil die Zahnbreite gleich der Dicke ist. Bei dieser Arbeit würde somit derselbe Uebelstand auftreten, welcher bei einer Säge eintritt, deren verzahnte Kante gleich dick mit dem Blatte ist. Hier wird dieser Uebelstand etwas geringer fühlbar, weil die Fräse glatter schneidet; man kann ihn beheben, wenn die Seitenflächen der Fräse etwas concav ausgedreht oder geschliffen werden, so dass die Fräse gegen die Achse zu etwas geringere Dicke besitzt. Die Theilung dieser Fräse älterer Art ist klein, daher die Zähnezahl gross, man würde jetzt bei einer Fräse gleichen Durchmessers nur 13 bis 14 Zähne anarbeiten.

*) Man kann diese Fräse auch Achsialfräse nennen, weil ihre Schneiden parallel zur Achse liegen oder Cylinderfräse, weil die Schneiden eine Kreiscylinderfläche durchlaufen.

Eine Scheibenfräse, deren Schneiden sowohl an der Umfläche als an beiden Stirnflächen angebracht sind, zeigt Fig. 660. Mit dieser Fräse können Einschnitte weit besser eingearbeitet werden, weil die seitlichen Zähne dem gegen die Achse liegenden Fräskörper freien Raum schaffen, aber der Schliff einer solchen Fräse erfordert die dreifache Arbeit und zudem eine vollkommener eingerichtete Schleifmaschine.

Eine Façonfräse, und zwar speciell für das Fräsen von Stirnrädern bestimmt, zeigt Fig. 661. Diese Fräse, eine sogenannte hinterdrehte Fräse, wird nicht vom Rücken der Zähne, sondern von der Vorderseite (Stirn) der Zähne geschliffen, und bleibt hierbei das Profil des Fräsezahnes, daher auch das Profil des Einschnittes, welchen man mit dieser Fräse machen kann, constant.

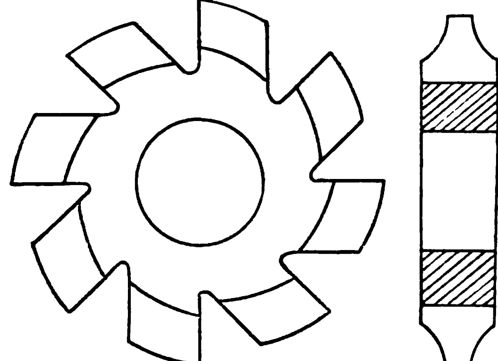


Fig. 661. Hinterdrehte Fräse.

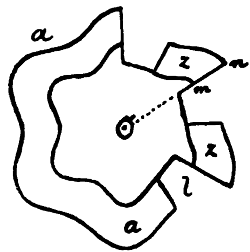


Fig. 662. Herstellung der hinterdrehten Fräse.

Hinterdrehte Fräsen sind zwar gewöhnlich Façonfräsen, doch können auch Scheiben- und Cylinderfräsen mit Vortheil als hinterdrehte Fräsen hergestellt werden. Hier wird der zum Schneiden mittelst jeder Fräse (wie allgemein bei jedem Werkzeuge) unbedingt erforderliche Anstellwinkel (S. 438) nicht durch Anschliff der Zähne von der Rückseite, sondern durch die besondere Formgebung, durch Passigdrehen erhalten. Man erzielt zunächst eine Wellenscheibe, deren Gestaltung von der Passigbank abhängig ist.

Nach einer Vorarbeit aus dem Groben durch gewöhnliche Drehwerkzeuge wird zur Ausbildung der in Fig. 662 dargestellten Wellenscheibe ein Façonstahl benützt. Wie gewöhnlich ist auch dieser Drehstahl in der Höhe der Drehbankspindel angestellt, so dass seine façonnierte Schneide in der durch die Achse der Spindel gelegten Horizontalebene liegt. Bei allmählicher Annähe-

rung des Façonstahles gegen die Scheibenachse findet die Wellenbildung und schliesslich Vollendung statt, und zwar so, dass dann jeder Radialschnitt innerhalb der Wirkungszone des Façonstahles die genaue Gegenform zum Façonstahle aufweist, d. h. die Radialschnitte der façonnierten Welle sind untereinander congruent. Schneidet man hierauf aus der Wellenscheibe gleiche Stücke aus, wie es die Fig. 662 zeigt, so werden Zähne *z* gebildet, deren Stirnflächen *mn* die genaue Gegenform des angewendeten Façonstahles sind. Die Stirnflächen der Zähne müssen aber auch im gleichen Abstande von der Achse liegen, und dies wird erreicht, wenn jeder Einschnitt zu dem Nachbareinschnitt um jenen Winkel versetzt ist, welcher dem Mittelpunktswinkel einer Welle, in unserem Falle 60°, entspricht.

Macht man breite Einschnitte wie in Fig. 662, so schafft man viel Raum für die Späne, schwächt aber die Zähne. Fig. 661 zeigt minder breite Einschnitte, dafür kräftigere Zähne. Zähne von der Form Fig. 661 sind widerstandsfähiger als jene nach Fig. 662.

Werden solche Fräsen stumpf, so sind die Zähne von ihrer Brustseite radial nachzuschleifen, und zwar genau so viel, dass die Ebenen je zweier benachbarter Zähne genau den Mittelpunktswinkel der Wellen miteinander einschliessen, in Fig. 662 den Winkel von 60°, in Fig. 661 den Winkel von 45°. Durch das radiale Nachschleifen werden natürlich die Zähne schwächer, doch behalten sie immerhin lange genügende Widerstandsfähigkeit, um brauchbar zu sein.

Brown & Sharpe waren die ersten, welche die hinterdrehten Fräsen erzeugten.

Hat der Wellenberg die gleiche Breite wie das Wellenthal, oder ist überhaupt die Welle symmetrisch, so müssen die Einschnitte breiter gehalten werden, die Zähne fallen daher schwächer aus, als wenn man unsymmetrische Wellen entsprechender Form anwendet.

Der Anstellwinkel muss stets grösser als Null sein; es ist aber kein besonderer Werth darauf zu legen, dass derselbe durch den Anschliff unverändert bleibe. Bei den hinterdrehten Fräsen den Zahnrücken nach der logarithmischen Spirale auszubilden, ist daher nicht nöthig. Façonnierte Fräsen bedürfen zu ihrem Anschliff (von der Brustseite der Zähne aus) nur einfacher scharfrandiger Schmirgelscheiben, deren Relativbewegung parallel zur Achse der Fräse erfolgt.

Alle Passigbänke, welche mit Schablonen arbeiten (S. 500), lassen unsymmetrische Wellen bilden, weil man nur die Schablone ent-

sprechend zu wählen braucht, auch Reinecker's Passigbank gestattet dies. Speciell zur Herstellung hinterdrehter Fräsen sind jedoch auch einfachere Hinterdrehvorrichtungen erfunden worden, welche sich an gewöhnlichen Drehbänken anbringen lassen. Besonders schön ist die Construction des Amerikaners Balzer, welche in Fig. 663 dargestellt ist.

Zwischen die Spitzen der Drehbank wird die Spindel *a* mit Arm und Mitnehmer excentrisch eingespannt und erhält von der Drehbankspindel rotierende Bewegung durch eine Mitnehmerscheibe. Ueber die Achse oder Spindel *a* ist eine Hülse (Rohr) *d'* geschoben, auf welcher bei *d'*, Fig. 663 I, die zu drehende Scheibe — Fräse — befestigt wird. Dieses Arbeitsstück wird in seinen Be-

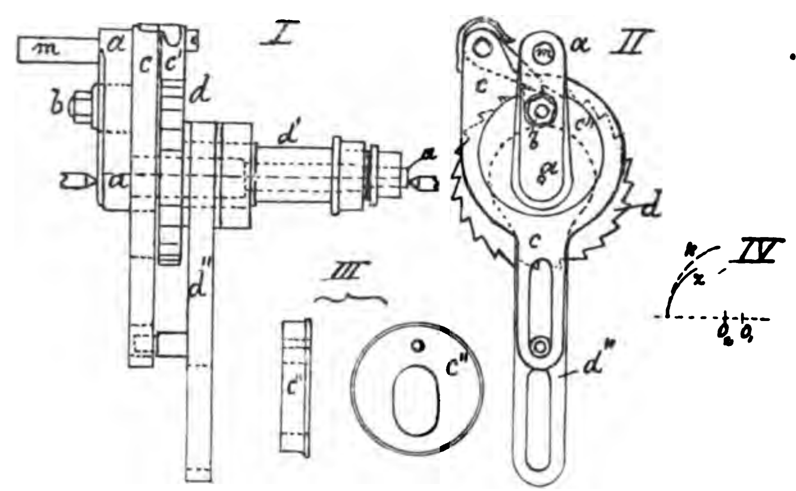


Fig. 663. Balzer's Hinterdrehapparat.

wegungen demnach abhängig sein von den Bewegungen, welche der Spindel *a* und der Hülse *d'* gegeben werden. Die Spindel *a* rotiert stetig, aber um eine excentrische Achse, die Hülse *d'* ist bald festgehalten, bald wird sie um einen gewissen Winkel gedreht, dessen Grösse sich durch ein verstellbares Excenter bestimmen lässt. Demnach erhält die herzustellende unrunde Scheibe combinierte Bewegungen, nämlich ruckweise Drehung mit der Hülse *d'* um die excentrische Spindel *a* und eine zweite Bewegung vom und gegen das Werkzeug infolge der Drehung dieser Spindel; die eine der Bewegungen liefert den Zahnrücken, die zweite das kurze Verbindungsstück mit dem folgenden Zahnrücken.

Die Constructionstheile haben folgende Anordnung und Wirkung. Mit dem Arme *a* der Spindel *a* ist eine Schraube *b*

radial verstellbar verbunden, welche ihre Mutter in der Excenterscheibe c'' findet und dadurch c'' mit a vereinigt. Die Grösse der Excentricität von c'' lässt sich durch Versetzung der Schraube b im Arme a und zufolge des Langloches in c'', durch welches die Spindel a hindurchgeht, verändern.

Der Excenterring c ist nach beiden Seiten verlängert und trägt einerseits den Sperrkegel c', andererseits läuft er in einen geschlitzten Fortsatz aus, welcher um einen Zapfen schwingen kann. Das Excenter c'' bewirkt daher solche Bewegungen von cc', dass das Sperrad d ruckweise Drehungen erhält. Weil nun Rad d fest auf der Hülse d' sitzt, so wird auch diese Hülse und dadurch auch das Arbeitsstück ruckweise gedreht. Während der Drehung wirkt das Werkzeug auf das Arbeitsstück annähernd nach einem Kreisbogen z, Fig. 663 IV, ein, welcher entsprechend der excentrischen Lagerung $o_1 o_2$ der Spindel a hinter jenem Kreise k zurücktritt, welcher der Entfernung des Werkzeuges von der Drehbankspindel entsprechen würde. Dadurch wird hinterdreht. Bei der weiteren Drehung von a wird zufolge der excentrischen Lage von a jene kurze Uebergangscurve erhalten, welche das soeben erzeugte Bogensegment z mit dem nächstfolgenden verbindet. Das Bilden der Fräszähne durch Einschneiden von Zahnlücken erfolgt nach früher.

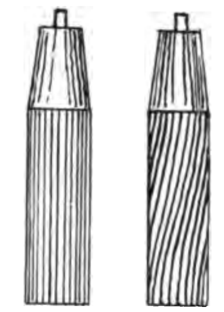


Fig. 664. Cylinderfräsen.

Weisen die Fräsen die Form längerer Cylinder auf, d. h. liegen die geraden oder schraubenförmigen Schneiden in Kreiscylinderflächen, Fig. 664, so nennt man diese Fräsen Cylinderfräsen. Ihr Schaft kann sich zum Einsetzen in eine entsprechend gestaltete Bohrspindel eignen und es kann dann die Bohrmaschine zur Fräsmaschine werden. Lässt man diese Fräsen nicht in eine ebene Fläche enden, sondern versieht man die Unterseite mit radialen Zähnen, so kann man mit solchen Fräsen auch bohren, beziehungsweise Löcher ausfräsen. Die Cylinderfräsen werden häufig in Verbindung mit Schablonen zur Ausarbeitung mannigfach gekrümmter Cylinderflächen (Leitlinie beliebig) angewendet. Mit dem Tische ist dann sowohl Arbeitsstück als Schablone verbunden und man verschiebt den Tisch mittelst der beiden zu einander senkrechten Schrauben derart, dass die Schablone stets an einem Bunde der Frässpindel anliegt. Das Wesentliche der Formgebung stimmt vollkommen mit dem überein, was bereits auf S. 527 besprochen wurde; nur kann der Vorschub des Arbeits-

stückes hier nicht von Hand aus, so wie dort beschrieben, erfolgen, denn der Arbeiter vermöchte nicht den erforderlichen Andruck hervorzubringen, sondern es muss der Tisch gemeinsam mit Schablone und Werkstück verschoben und dadurch dieses an die Fräse angedrückt werden.

Erhält der Tisch eine selbstthätige continuierliche geradlinige Schaltbewegung, so wird die Cylinderfräse eine ebene Fläche anarbeiten, erhält er eine continuierliche Drehbewegung, so wird die Anarbeitungsfläche eine Kreiscylinderfläche sein; wendet man beide Schaltbewegungen hintereinander an, so wird man Combinationen dieser Flächen erhalten.

Stirnfräsen heissen solche Fräsen, deren Schneiden radicale Lage haben, sie können gleichzeitig auch Scheibenfräsen (Fig. 660) oder Cylinderfräsen sein.

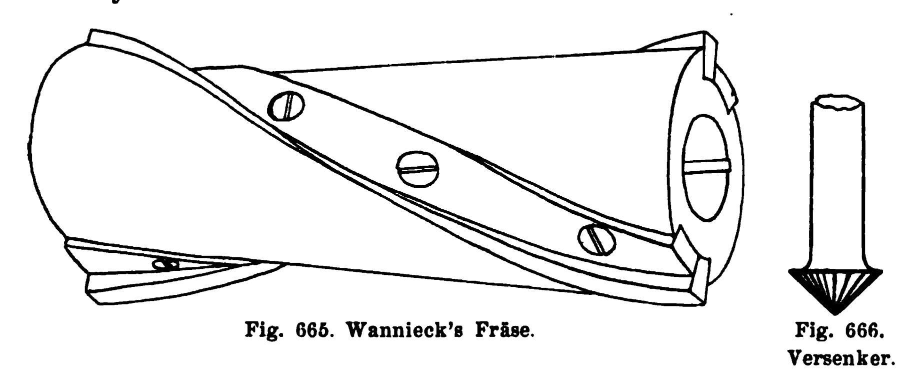


Fig. 665. Wannieck's Fräse.

Fig. 666. Versenker.

Für die Bearbeitung grösserer ebener Flächen werden Fräsen selten angewendet, weil sich hierbei nicht unbedeutende praktische Schwierigkeiten einstellen. Wannieck in Brünn hat Cylinderfräsen grösserer Abmessungen, wie Fig. 665 eine solche zeigt, mit eingesetzten Messern wohl mit gutem Erfolge angewendet, doch erfordern diese Messer eigene Schleifmaschinen und grosse Sorgfalt beim Schliffe.

Mit eingesetzten Messern arbeitet auch die sogenannte Kreisfeilmaschine. Die Messer ragen gleichweit über die Stirnfläche einer Scheibe vor, in welcher sie parallel zur Achse eingesetzt sind. Um diese Messer richtig einstellen zu können, bedarf es einer Vorsteckscheibe, welche beim Einstellen der Messer parallel zur Stirnfläche des Messerkopfes angebracht wird. Der Messerkopf oder die Scheibe kann bis zu bedeutendem Durchmesser angewendet werden und der wesentlichste Vortheil liegt in der leichten Zuschärfung der Messer, welche einzeln erfolgt.

Zu den Fräsen können auch die Versenker gerechnet werden, welche die Aufgabe haben, das Ende eines Bohrloches entweder konisch oder cylindrisch zu erweitern. Der Zweck dieser Erweiterung ist gewöhnlich der, den Raum für den Kopf einer Schraube zu liefern, welche in das Loch eingesetzt ist und deren Schraubenkopf nicht über das Werkstück vorragen soll. Die vorstehende Fig. 666 stellt einen konischen Versenker dar. Die cylindrischen Versenker haben einen in das Bohrloch passenden Zapfen und um diesen herum radiale Schneiden, ähnlich einer Stirnfräse.

Die Zuführung des Arbeitsstückes gegen die Fräse hat in der Weise zu erfolgen, wie dies S. 523 bei den Holzhobelmaschinen besprochen wurde, d. h. die Bewegungsrichtung des Werkstückes erfolgt entgegen der Bewegungsrichtung der Zähne an der Arbeitsstelle, wodurch der Span von der Dicke Null bis zu der dem Vorschube pro Zahn (circa $^1/_{40}$ *mm*) entsprechenden Dicke wächst.

Betreffs der Zähnezahl der Fräse gibt die Brown & Sharpe Manufacturing Co. in Providence in ihrer Schrift „Construction and use of milling machines", Providence 1891 (s. a. Prof. Escher's Ausstellungsbericht über Chicago) die Regel:

$$z = 8\sqrt{d} \ldots \begin{cases} z = \text{Zähnezahl} \\ d = \text{Fräsedurchmesser in Centimetern.} \end{cases}$$

Die Schaltung (Weg der Frässpindel entlang dem Arbeitsstücke) soll pro Zahn $^1/_{40}$ *mm* betragen und wird diese Schaltung gegeben, gleichviel welches Material, welche Breite und Tiefe gefräst wird. Die Anpassung an diese veränderlichen Grössen erfolgt durch Veränderung der Umfangsgeschwindigkeit.

Für Stahl und Schmiedeeisen und eine Tiefe (Höhe) der abzutrennenden Schicht von 1·6 *mm*, soll $v = 18 + \frac{4 \cdot 8}{b}$ sein. v Geschwindigkeit in Centimetern, b Breite in Centimetern. Für Gusseisen $^1/_5$ bis $^1/_4$ mehr. Für grössere Höhen der abzutrennenden Schicht vermindert man die Geschwindigkeit.

Gusseisen wird trocken gefräst, Stahl, Schmiedeeisen, Bronze, Messing nass; man spritzt Seifenwasser auf oder lässt Oel zufliessen.

Die Schnittgeschwindigkeit ist nach dieser Regel stets grösser als jene bei Hobelmaschinen gebräuchliche und hat dies seine Begründung darin, dass die Fräszähne sich nicht so sehr erhitzen, weil sie nach gethaner Arbeit einen grösseren Weg frei zurücklegen, wobei sie sich abkühlen können.

Die Fräsmaschinen sind theilweise in ihrem Baue sehr einfach, denn es handelt sich in vielen Fällen nur darum, der

Fräse langsame gleichförmige Drehbewegung und dem Arbeitsstücke continuierliche geradlinige Schaltbewegung zu ertheilen.

Die Maschinen werden erst dann zusammengesetzter, wenn man von derselben Maschine die Lösung sehr verschiedener Aufgaben verlangt. Solche Fräsmaschinen nennt man Universal-Fräsmaschinen.

Die Fräsmaschinen wurden anfänglich im eigentlichen Maschinenbau fast gar nicht, hingegen in grosser Zahl, den einzelnen Aufgaben angepasst, in der Nähmaschinen-, Revolver- und Gewehrfabrication angewandt. Die einzelnen Bestandtheile der Nähmaschinen, Gewehre etc. wurden, wie dies noch jetzt geschieht, in grosser Zahl durch eine Reihe aufeinanderfolgender Bearbeitungen in der Weise hergestellt, dass für jede Anarbeitungsfläche und für jede Gruppe paralleler Löcher gleichen Durchmessers eine besondere Maschine mit besonderem Werkzeug und besonderer Einspannvorrichtung vorhanden ist. Die Maschinen, meist Fräsmaschinen, sind einfach; die Schwierigkeit liegt nur in der Bestimmung der Arbeitsfolge, in der Vorrichtung, sowie Instandhaltung der Werkzeuge und Einspannvorrichtungen. Hierzu gehört besondere Erfahrung und Befähigung.

Wir hoben schon früher hervor, dass man Bohrmaschinen und Drehbänke leicht zu Fräsmaschinen umgestalten kann. Für specielle Aufgaben lassen sich auch sehr leicht Fräsmaschinen bauen. Wäre z. B. die Aufgabe zu lösen, Nuthcylinder, welche einen wichtigen Bestandtheil vieler Nähmaschinen bilden, zu erzeugen, so handelt es sich nur darum, dem Cylinder, in welchen eine Nuth (s. S. 548, Fig. 637), zu fräsen ist, jene continuierliche Schaltbewegung zu geben, welche die Form der Nuth erheischt. Dies geschieht dadurch, dass man das cylindrische Arbeitsstück auf einer Achse befestigt, welche in ihren Lagern verschiebbar ist, mit dieser Achse eine Schablone verbindet, welche bei gleichem Drehungswinkel der Achse dieselbe achsiale Abweichung vom Normalschnitte besitzt, welche die Nuth des Cylinders erhalten soll und bei sehr langsamer Drehung der Achse gegen die Schablone einen festen Bolzen oder, wie bei der auf S. 500 besprochenen Passigbank, ein festes Röllchen wirken lässt. Die Schablone kann ein Nuthcylinder sein, welcher dem herzustellenden congruent ist, oder ein grösserer Cylinder, dessen Nuth gleiche Ordinaten mit dem herzustellenden besitzt, oder auch nur eine Scheibe nach Art jener in Fig. 580, S. 500, gezeichneten.

Als Werkzeug wird man eine cylindrische Fräse benützen, welche sowohl an der Umfläche als an der Endfläche Schneiden

besitzt. Die Fräse rotiert langsam am Orte und erhält nur so lange einen Vorschub in der Richtung ihrer Achse, bis die Stirnfläche der Fräse so tief eingedrungen ist, als der Tiefe der herzustellenden Nuth entspricht, dann arbeitet sie die Nuth in einem allerdings langsamen Gange fertig. Manche ziehen des besseren Ausfallens der Späne wegen vor, die Fräse mehrmals die Nuth durchlaufen zu lassen und jedesmal nur eine Schicht von 1·5 bis 2 *m* auszufräsen.

Die Maschine, welche diese Arbeit verrichtet, kann verschieden disponiert sein. Gern legt man die Frässpindel horizontal, gibt ihr maschinell die langsam rotierende Bewegung, den Vorschub aber von Hand aus. Der zu bearbeitende Cylinder und die Schablone stecken gemeinsam an einer horizontalen, die Achse der Fräse senkrecht schneidenden Welle.

Als Type für Universalfräsmaschinen kann die in Fig. 667 dargestellte Maschine von Brown & Sharpe betrachtet werden. Diese Maschine hat sich in der gezeichneten Form in zahlreichen Werkstätten insbesondere zum Zwecke der Herstellung von Fräsen und Spiralbohrern, zugleich aber auch für mannigfache andere Fräsarbeiten eingeführt. *)

Auf dem Ständer *A* sitzt der Spindelstock für die Frässpindel, welche durch einen vierstufigen Riemenkegel *B* angetrieben wird. Die Frässpindel läuft in gehärteten Gusstahlbüchsen und sind sowohl die Zapfen als die Lagerinnenflächen sorgfältig geschliffen. Ein Nachziehen derselben ist leicht möglich, wenn durch den Gebrauch Abnützung erfolgte. Das Spindelende *a* ist zur Aufnahme jener Zapfen eingerichtet, auf welchen die Fräsen befestigt werden. Das Arbeitsstück kann je nach seiner Form entweder in einen Schraubstock, oder zwischen den Spitzen einer besonderen Einspannvorrichtung, oder in einen Futterkopf eingespannt werden. Zu entsprechender Befestigung dieser Vorrichtungen dient die lange Tischplatte *F*, welche im Theile *E* ihre Geradführung findet. Die Platte *E* lässt sich auf *D* um eine verticale Achse drehen und kann hierdurch die Platte *F* senkrecht oder schief zur Achse der Frässpindel eingestellt werden. Der Tisch *C* gestattet verticale Verstellung. Das Arbeitsstück kann somit eine verticale, zwei geradlinige horizontale und eine Dreh-Einstellbewegung erhalten. Die horizontale geradlinige Bewegung von *F* kann, wie wir später sehen werden, auch als Schaltbewegung zur Anwendung kommen.

*) Zuerst eingehend in dem Berichte von Wencelides über die Ausstellung in Philadelphia beschrieben. Wien 1877. In vielen Exemplaren auch in der Maschinenfabrik „Vulkan" in Wien gebaut.

Das Heben des Tisches wird von einer Kurbel vermittelst der Spindel *c*, einem Kegelräderpaare und der Schraubenspindel *b* bewerkstelligt. Zum Heben des Tischwinkels dient die Schraube *d*. Die Schraubenspindel *e* bewirkt die Verschiebung des Tisches parallel zur Spindelrichtung.

Die Einspannvorrichtung gestattet längere Arbeitsstücke zwischen den Spitzen der Theile *J* und *I*, wie in einer Drehbank, aufzuspannen. Der Spindelstock *J* ist an dem linken Ende der

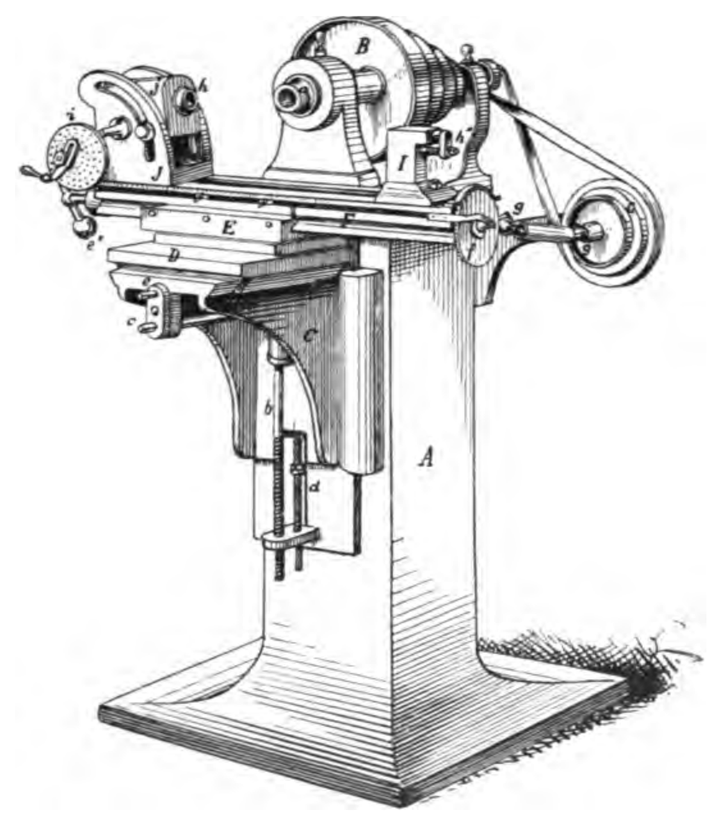


Fig. 667. Universalfräsmaschine von Brown & Sharpe.

Tischplatte *F* fest; er ist mit der hohlen Spindel *h* versehen, in welche eine Körnerspitze passt, an welcher sich jedoch auch Futter oder Mitnehmerscheibe anbringen lassen.

Der Reitstock *I* lässt sich im Langschlitze der Tischplatte verschieben und durch eine Schraube feststellen, der Reitnagel kann durch Schraube *h'* eingestellt werden.

Die constructive Durchführung des Aufspannspindelstockes *J* und seine organische Verbindung mit dem Schaltmechanismus

der Tischplatte F gestattet, dass man cylindrische und konische Reibahlen, Fräsen, Bohrer etc. sowohl gerade als auch schraubenförmig („spiralförmig", wie man steile Schrauben oft bezeichnet) fräsen und eintheilen kann.

Die Fig. 668 I bis III zeigen den Spindelstock in Vorder- und Seitenansicht und im Grundrisse.

Auf dem linken Ende der hohlen Spindel sitzt das Schneckenrad r, mittelst eines Keiles und einer Mutter befestigt. Rad r kann

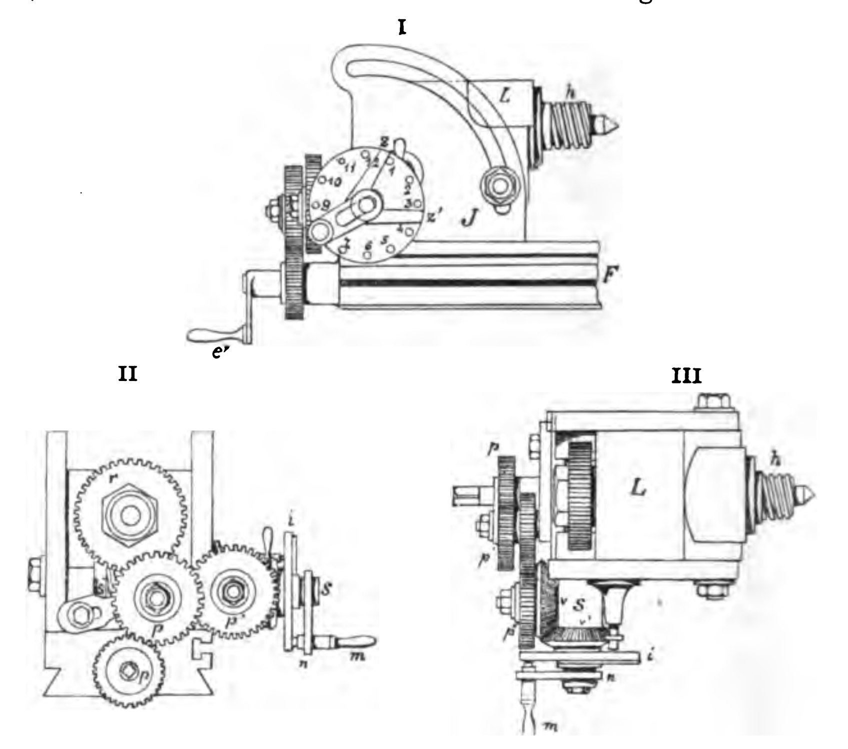


Fig. 668. Spindelstock zur Universalfräsmaschine.

durch die Schnecke s von der an der Spindel s sitzenden Kurbel m angetrieben werden (Fig. 668 II).

Hätte das Rad r z. B. 60 Zähne und wollte man eine Fräse mit 15 Zähnen schneiden, so müsste die Spindel h nach jedem Schnitte um $^1/_{15}$ einer Tour versetzt, mithin das Rad r um $^{60}/_{15}$ = vier Zähne gedreht werden. Hierzu müsste die Kurbel m genau vier Umdrehungen machen. Sollte jedoch eine Fräse mit 16 Zähnen geschnitten werden, so betrüge der Drehungswinkel $^1/_{16}$ von 360^0 oder $22^1/_2{}^0$, und da einer Umdrehung der Kurbel, beziehungsweise einem Zahne des Rades r ein Winkel von 6^0 entspricht, so ist es

nöthig, die Kurbel um $22^1/_2 : 6 = 3^9/_{12}$ Touren zu drehen. Es tritt mithin sehr bald das Bedürfniss ein, die Kurbel *m* nicht nur eine ganze Zahl von Drehungen, zum Zwecke der Einstellung des Werkstückes in eine neue Lage, machen zu lassen, sondern Bruchtheile einer Drehung. Hierzu dient folgende Anordnung.

Eine Theilscheibe *i*, welche wie gewöhnlich mit einer grösseren Zahl von Theilkreisen, und in diesen mit entsprechend versenkten Körnerpunkten versehen ist, sitzt lose auf der Spindel *s* und kann durch einen Schraubstift, welcher seine Mutter in einem Säulchen am Spindelstocke findet, fixiert werden. Hierbei tritt das spitze Ende des Schräubchens in ein Grübchen an der Hinterseite der Theilscheibe ein und hält dieselbe fest.

Das Theilen einer Umdrehung der Schneckenwelle *s* erfolgt durch den Federstift *m* des Hebels (Armes) *n*. Der Arm *n* sitzt fest auf der Spindel *s*; der Federstift lässt sich an diesem Arme verstellen, so dass er in jenen Abstand von der Achse gebracht werden kann, welcher dem gewählten Theilkreise entspricht. Zur bequemen und sicheren Einstellung dieses Federstiftes beim Eintheilen ist ein stellbares Zeigerpaar $z\,z'$ an der Theilscheibe angebracht, wodurch es möglich wird, nicht nur eine oder eine ganze Zahl von Umdrehungen, sondern auch beliebige Bruchtheile einer Umdrehung genau zu machen. Z. B. die Anzahl der Löcher im Theilkreise, auf welchen der Federstift gestellt ist, sei 12 und man soll $3^9/_{12}$ Umdrehungen mit der Schneckenwelle machen, so stelle man das Zeigerpaar so, dass 10 Löcher entsprechend 9 Theilen des Theilkreises innerhalb des Zeigerpaares zu stehen kommen, stecke den Federstift in das Loch 1, und wenn von hier aus die verlangten Umdrehungen mit dem Arme gemacht werden sollen, so stelle man den Stift nach vollendeten drei Umdrehungen in das Loch 10, rücke zugleich das Zeigerpaar so weit nach, dass der Zeiger *z* wieder an den Stift *m* anzuliegen kommt, daher *z'* um 9 Theile weiter vorn (in der Uhrzeigerrichtung genommen) steht, worauf die nun folgende Drehung des Armes *n* gleicherweise vorgenommen wird.

Die horizontale continuierliche Schaltbewegung der Tischplatte *F* wird durch eine maschinell angetriebene Schraubenspindel besorgt; zu Zwecken der Einstellung kann diese Schraube von der Kurbel *e"* bethätigt werden. Der selbstthätige Antrieb der Schraubenspindel geht von der Frässpindel aus. Ein gekreuzter Riemen treibt den Steuerconus *G*; von hier wird die Bewegung durch das doppelte Universalgelenk *gg* und ein kleines Kegelrad auf das grössere Kegelrad *f* und bei eingerückter Kupplung auf die Be-

wegungsschraube (Steuerspindel) der Tischplatte *F* übertragen. Diese Kupplung kann durch Vermittlung einer Zugstange von Anschlägen ein- und ausgerückt werden, desgleichen durch Benützung eines Handgriffes durch den Arbeiter.

Sind spiralförmige Nuthen zu fräsen, wie solche z. B. bei den „amerikanischen Spiralbohrern" vorkommen, so muss die horizontale Verschiebung des Tisches und die Drehbewegung der Spindel *h* gleichzeitig erfolgen. Zu diesem Zwecke sitzt das Steuerrad *p* an der Steuerschraube, und werden vom Rade *p* die Satzräder p', p'' und p''' und die Kegelräder *v*, *v'* bethätigt und von *v'* die Spindel *s* und Schnecke *s*. Um die Steigung der zu schneidenden Spirale dem Bedürfnisse anpassen zu können, sind die Räder p, p', p'', p''' Wechselräder.

Die Spindel *h* ist in einem besonderen Lagerstück *L*, welches um die Achse *ss* drehbar ist, gehalten, so dass die Spindel *h* aus der horizontalen in eine beliebig schräge bis senkrechte Stellung gebracht werden kann. Zum Feststellen des Lagerstückes *L* in der gewünschten Lage dient ein Schraubenbolzen und dessen Mutterschraube. Dieser mit *L* fest verbundene Bolzen durchläuft bei der Einstellung den Viertelkreisschlitz der Vorderwand des Spindelstockes *J*. Indem die Drehung von *L* um die Achse *ss* stattfindet, wird der Eingriff des Schraubenrades *r* mit Schraube *s* nicht gestört. Infolge dieser Einrichtung können auch konische Fräsen mit geraden oder spiraligen Schneiden hergestellt werden.

Mit der Spindel *h* können verschiedene Futter verbunden werden und lassen sich demnach auch kurze Gegenstände bearbeiten.

Für viele grössere Fräsarbeiten ist es wünschenswerth, oft auch nothwendig, die Frässpindel einerseits mit einem Vorgelege zu verbinden, andererseits eine Gegenstütze zu geben. Der Maschinenständer wird zu diesem Zwecke vor und hinter dem Stufenkegel *B*, Fig. 667, nach oben verlängert und beide Verlängerungen werden durch einen kräftigen Bogen verbunden, alles aus einem Gusse. Mit dem Ständerobertheil ist dann eine armdicke cylindrische Stange verbunden, längs welcher die Gegenstütze der Frässpindel verschoben werden kann.

Handelt es sich im eigentlichen Maschinenbau um die Anwendung von Fräsmaschinen, so ist es der sehr verschiedenen Grösse und Gestalt der Arbeitsstücke wegen nothwendig, der Fräsmaschine eine solche Ausgestaltung zu geben, dass sie geeignet ist, bei einer Aufspannung des Werkstückes verschiedene Flächen anzuarbeiten, mögen die Stücke, natürlich innerhalb mässiger Grenzen, auch sehr verschiedene Form und Grösse besitzen.

Es empfehlen sich insbesondere drei Formen: erstens die Form der freistehenden Bohrmaschine grösserer Ausladung mit einem Tische, welchem drei continuierliche Schaltbewegungen, je nach Bedarf die eine oder andere, gegeben werden können, und zwar zwei aufeinander senkrechte geradlinige und eine Drehschaltbewegung; die verticale Frässpindel erhält die Arbeitsbewegung und verticale Einstellbewegung.

Die zweite Form lässt sich mit der Hobelmaschine vergleichen. Der Querträger trägt einen oder zwei Supporte (Schlitten) mit der oder den verticalen Frässpindeln. Die Frässpindeln erhalten natürlich die Arbeitsbewegung und muss ihnen auch verticale Einstellbewegung gegeben werden können. Der Querträger muss sich wie bei den Hobelmaschinen vertical nach der Höhe des Werkstückes verstellen lassen; an ihm sind die Frässpindelschlitten horizontal verschiebbar, und zwar sowohl zum Zwecke der Einstellung als auch zum Zwecke continuierlicher Schaltung. Das am Schlitten befestigte Werkstück macht entweder die continuierliche Schaltbewegung oder steht fest bei eingeschalteter Schlittenbewegung.

Die dritte Form besitzt auch einen Ständer von der Gestalt doch wird das Arbeitsstück nicht auf einem geradlinig geführten Schlitten, sondern auf einer *Drehscheibe* befestigt. Verbindet man mit dem Querträger Supporte, welche an vertical einstellbaren Schiebern Messer tragen, so bezeichnet man diese Werkzeugmaschine mit dem Namen „*Horizontaldrehbank*", weil jeder Punkt des Werkstückes eine horizontale Kreisbahn durchläuft. Man kann an dem Querträger auch *Frässpindelschlitten* anbringen und die Maschine wird dann zur Fräsmaschine, welche sich insbesondere zur Anarbeitung mannigfacher Rotationsflächensegmente eignet. Der Tisch kann ausser der Drehbewegung auch geradlinige, continuierliche Schaltbewegungen erhalten.

Räderfräsmaschinen. Die vorhin besprochene Universalfräsmaschine von Brown & Sharpe kann ebenso gut zum Schneiden kleiner Stirnräder als zum Schneiden von Fräsen Verwendung finden, man braucht für das Räderfräsen nur ein entsprechendes Werkzeug, etwa nach Fig. 661, S. 581, anzuwenden.

Will man aber grössere Räder schneiden, dann muss die Maschine sinngemäss abgeändert werden; auch empfiehlt es sich für die Massenfabrication gefräster Räder *automatische* Maschinen, also solche, welche auch nach jedem erfolgten Schnitte

den Theilmechanismus selbstthätig zur Wirkung bringen, anzuwenden.

Eine der ersten automatischen Räderfräsmaschinen wurde in dem schon mehrfach erwähnten Ausstellungsberichte von Wencelides S. 128 beschrieben. Diese Maschinen sind in neuerer Zeit so vollkommen ausgebildet, dass sie allen gerechten Anforderungen entsprechen. Der Arbeiter hat nur den selbstthätigen Theilmechanismus nach einfachen Regeln entsprechend einzustellen, das zu schneidende Rad aufzuspannen und die Fräse unter Benützung entsprechender Einstellbewegungen in die richtige Lage für den Beginn der Arbeit zu bringen, die weitere Arbeit besorgt die Maschine selbstthätig und deshalb ist es möglich, dass ein Arbeiter mehrere Räderschneidmaschinen bedient.

Prof. Escher macht in seinem Berichte über die Ausstellung in Chicago noch auf folgenden Umstand aufmerksam. „Bekanntlich ist das Zahnprofil genau genommen nicht bloss abhängig von der Theilung, sondern auch vom Durchmesser des Rades. Man müsste also nicht nur für jede Theilung, sondern auch für jeden Durchmesser eine andere Fräse nehmen. Bei der Räderfräsmaschine von Warner & Swasey in Cleveland, Ohio, hat die Fräse das Profil der entsprechenden Zahnstange. Indem sie sich in axialer Richtung verschiebt, während gleichzeitig das zu schneidende Rad eine langsame Drehbewegung ausführt, arbeitet sie aus jedem Durchmesser das zugehörige Zahnprofil heraus." Fräse und Radzahnflanke nehmen hierbei ähnliche relative Bogen ein, wie die Zahnflächen von Zahnrad und Zahnstange, wenn das erstere auf letzterer sich wälzt.

Dass es nicht möglich ist exacte Kegelräder zu fräsen, weil der Querschnitt der Zahnlücken und der Zähne an jeder Stelle ein anderer ist und der constante Querschnitt der Fräse einen wechselnden Schnitt nicht liefern kann, wird leicht erfasst werden können. Kegelräder fräst man nicht, sondern man hobelt sie.

Zu den besten Constructionen der Kegelradhobelmaschinen gehören die Siebert's (Maschinenfabrik Oerlikon) und Renk's*) (Joh. Renk, Zahnräderfabrik in Augsburg) und es mag sich ihre Besprechung hier anschliessen. Aus den schematischen Fig. 669 und 670 wird das angewendete Princip der Renk'schen Maschine verständlich werden. Das zu schneidende (hobelnde) Rad R, Fig. 669, ist an einem Theilkopfe befestigt, welcher sich in

*) Deutsches Reichspatent Nr. 8000.

beliebigem Abstande von jenem Punkte A einstellen lässt, welcher der Kegelspitze entspricht. Dieser Abstand ergibt sich aus den Hauptmassen des zu erzeugenden Rades. Als Werkzeuge dienen

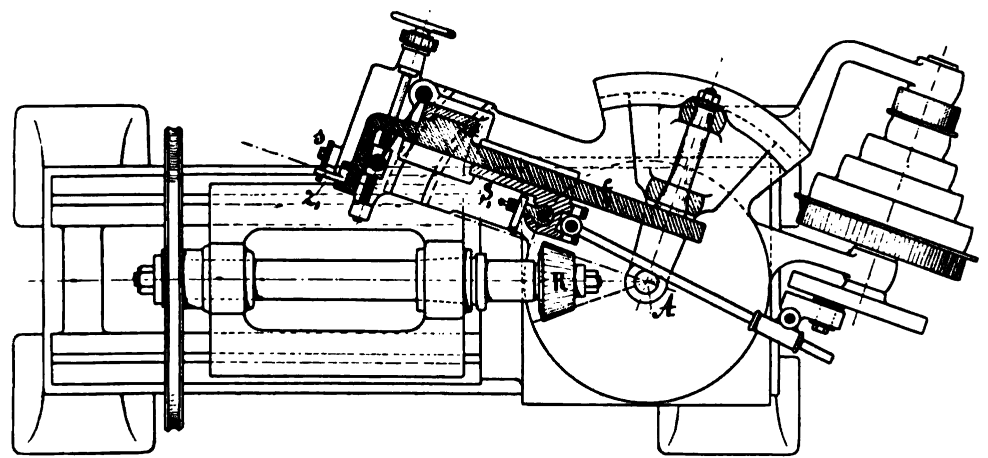


Fig. 669. Renk's Kegelräder-Hobelmaschine (Grundriss).

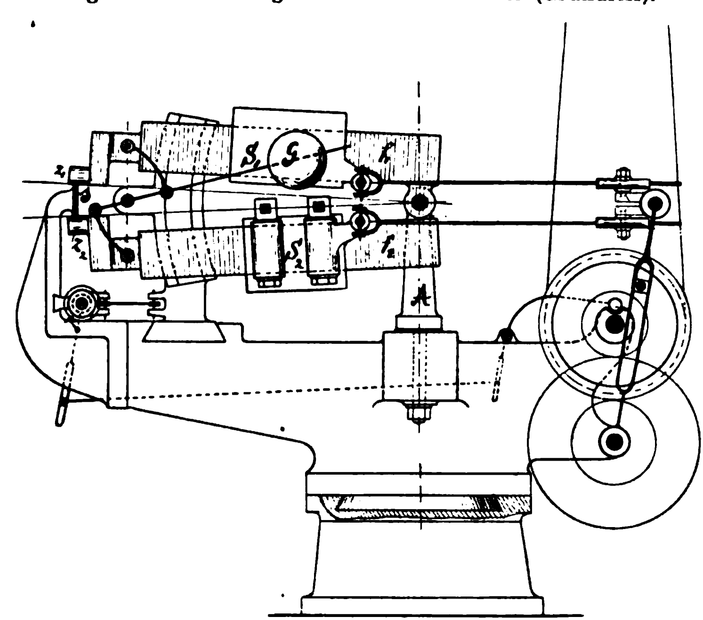


Fig. 670. Kegelräder-Hobelmaschine (Aufriss).

Messer, welche in den Supporten S_1 und S_2 eingespannt sind, die ihre Geradführung an den Prismen f_1 und f_2 finden. Diese beiden Führungen sind mit ihren Endzapfen z_1 und z_2 durch das Gewicht G gegen die Schablone s gedrückt, welche das vergrösserte Zahn-

profil darstellt, und zwar so vielmal grösser, als die Entfernung sA grösser ist als die Entfernung der Radzähne von der Achse, d. i. RA. Die Führungen f_1 und f_2 müssen daher um je eine horizontale Achse, und überdies muss der ganze Ausleger um die Verticalachse A drehbar sein. Während die oscillierende Kurbelschleife mittelst Zugstangen die Schlitten S_1 und S_2 hin und her schiebt, bewirkt ein von der Hauptwelle abgeleiteter Schaltmechanismus eine sehr langsame Drehung des ganzen Auslegers um die Verticalachse A, wodurch die Zapfen z_1 und z_2 allmählich der ganzen Länge der Schablone nach mit ihr in Berührung kommen und demnach auch die Messer die Zahnflanken ihrer vollen Höhe nach bearbeiten.

Franz Wencelides, Bericht über die Weltausstellung in Philadelphia 1876. Wien 1877, bei Faesy & Frick.

Woldemar von Knabbe, Fraiser und deren Rolle bei dem derzeitigen Stand des Maschinenbaues. Charkow 1897, Verlag des Verfassers.

Th. Pregél, Fräse- und Schleifmaschinen. Stuttgart 1892, J. C. Cotta.

K. Specht, die Massenfabrication im Maschinenbau, vom Verein für Gewerbefleiss in Preussen gekrönte Preisschrift. Berlin 1891.

VII. Schleifen.

Weit vielseitiger als jede bisher betrachtete Formänderungsarbeit, welche durch Abtrennung von Spänen wirkt, lässt sich das Schleifen anwenden. Für viele sehr harte und spröde Materialien ist es das einzig praktische Verfahren der Formänderung.

Das Schleifen vieler Glaswaaren, der optischen Gläser, der Spiegel, der Edelsteine lässt sich durch kein anderes Arbeitsverfahren ersetzen; ebenso müssen die schneidenden Kanten sehr vieler gehärteter Stahlwerkzeuge durch Schleifen scharf gemacht werden, wie schon in der Steinzeit viele Steinwerkzeuge ihre Brauchbarkeit erst durch Schleifen erhalten konnten.

Aber auch im praktischen Maschinenbau spielt das Schleifen eine wichtige Rolle; weniger zum Zwecke der Herstellung blanker Oberflächen als zur Anarbeitung sehr genauer ebener und cylindrischer Flächen, insbesondere dann, wenn diese Flächen an gehärteten stählernen Constructionstheilen herzustellen sind.

Nur auf weiche Materialien lässt sich das Schleifen mit Vortheil nicht anwenden, weil bei diesen Materialien, z. B. bei Blei, ein Hin- und Herschieben der Massentheilchen durch die Einwirkung der Körner des Schleifmittels ohne oder mit geringer Abtrennung der Materialtheilchen erfolgt.

Die Schleifmittel müssen scharfe harte Körner besitzen, welche entweder durch eine Bindesubstanz natürlich oder künstlich aneinander hängen, wie dies bei den Schleifsteinen, welche die Natur zum Gebrauche bietet, oder bei den Schmirgel- und Carborundumscheiben, die künstlich hergestellt werden, der Fall ist, oder die harten Körner bilden ein Pulver, welches erst durch geeignete Unterlage oder auch nur als „Sandstrahl" zur Wirkung gebracht wird.

Von jedem guten Schleifmittel, gleichviel ob Stein oder Pulver, muss gleiche Korngrösse verlangt werden und die Härte der Körner muss grösser oder mindestens gleich der Härte des zu bearbeitenden Materials sein.

Als ein tauglicher Schleifstein kann daher nur jener gelten, dessen wirksame Körner von annähernd gleicher Grösse sind, und es muss die natürliche oder künstliche Bindungsmasse der Körner weicher als diese sein, denn sonst nützt sich der Schleifstein zu solcher Glätte ab, dass er nicht mehr wirkt, „den Griff verliert"; ist sie hingegen zu mürbe, so werden die Körner zu leicht aus dem Verbande gerissen und der Verschleiss des Steines ist ein zu grosser.

Bei den meisten Aufgaben des Schleifens beginnt man die Arbeit mit Anwendung gröberen Kornes, entsprechend den zuerst anzuwendenden groben Feilen; hierauf geht man zu feinerem Korne über.

Schleifmittel von wesentlich verschiedener Korngrösse sind unbrauchbar, weil die von groben Körnern bedingten groben Schleifritze von den feineren nie beseitigt werden können, wenn erstere fortgesetzt neben letzteren thätig sind.

Je härter das zu schleifende Material ist, desto härter müssen auch die Körner des Schleifmittels sein. Sehr harte, scharfkantige Schleifkörner werden unter sonst gleichen Umständen eine bessere raschere Schleifwirkung üben als minder harte, aber doch noch verwendbare Schleifmittel. Man kann z. B. Glas mit Quarzsand, Schmirgel, Carborundum und Demant schleifen. Diese Schleifmittel sind in jener Reihe genannt, in welcher ihre Härte, aber auch ihr Preis zunimmt.

Welches Schleifmittel verwendet werden soll, ist weniger eine technische als ökonomische Frage. Für ordinäre Glaswaare wird Quarzsand, für Spiegel Schmirgel, für die kleinen Linsen der Mikroskope Demantpulver zu verwenden sein.

Die Korngrösse sowohl der natürlichen als künstlichen Schleifmittel ist sehr verschieden, sie liegt zwischen 2 *mm* bis 0·001 *mm*.

Die gröberen Schleifpulver (2 *mm* bis 0·02 *mm*) trennt man durch Siebe, die feineren durch das Schlämmen.

Das härteste Material ist der Diamant, er wird mit Diamantpulver geschliffen, wobei natürlich nur als Schmucksteine unverwendbare Diamanten in Pulver verwandelt werden. Saphire, Smaragde, Rubine werden entweder gleichfalls mit Diamantpulver oder mit Carborundum oder mit dem Pulver von Demantspat oder Smirgel (Schmirgel) geschliffen.

Der Schmirgel ist das gewöhnliche Schleifmittel für alle übrigen harten Steine, als Topas, Spinell, Quarz, Opal, Granat und für sehr harte Metalle, als weisses Roheisen (Hartguss), gehärteter Stahl, harte Bronze. Weichere Steine, z. B. Marmor, sowie weichere Metalle als: Schmiedeeisen, ungehärteter Stahl, weiche Bronze, Argentan, Mesing, Kupfer etc. können mit Quarzpulver, Sandsteinen, gewissen Schiefern (und anderen Mitteln) geschliffen werden.

Porzellan wird wohl selten, dann aber mit Schmirgel oder Sandsteinen geschliffen, desgleichen Glas mit Schmirgel, Quarzsand und Sandsteinen.

Holz schleift man mit Bimsstein oder Glaspulver.

Die weichen Metalle, Kupfer, Silber, Zinn, lassen sich mit guter Kohle von Hollunder-, Linden-, Eschen- oder Weidenholz sehr gut schleifen, und wird dieses Material besonders zum Nach- oder Feinschleifen benützt.

Carborundum ist ein neues, im elektrischen Ofen durch Ströme von 500 bis 1000 Ampère und 90 bis 150 Volt (beim Beginne bis 400 Volt) aus Quarz und Kohlenstoff erzeugtes Schleifmittel von sehr grosser Härte; es ist eine Verbindung von Silicium und Kohlenstoff, welche in Form von Krystallblättchen erhalten wird. Die Oberfläche dieser Blättchen besitzt grosse Glätte und es ist schwierig, sie zu einer dauerhaften Schleifmasse zu verbinden. Die Carborundumkrystalle lassen sich leicht pulvern, und das so erhaltene, vieleckige Pulver gestattet die Bindung weit besser, daher sich dieses Schleifmittel insbesondere zu Schleifscheiben sehr feinen Kornes eignet, deren Schleiffähigkeit jene des Schmirgels bedeutend übertrifft.

Die beim Schleifen angewendeten Arbeitsverfahren und Schleifvorrichtungen sind mannigfach. Als Mittel zum Schleifen stehen in Verwendung:

1. Rotierende Schleifsteine, Schmirgelscheiben, mit Schmirgel am Umfange beklebte Holzscheiben, und mit Leder überzogene, mit Fett und feinem Schmirgel bestrichene Scheiben.

2. Specielle Schleifmaschinen und Vorrichtungen zur Erzielung bestimmter Körperformen, mit Steinen oder Schmirgelscheiben arbeitend.

3. Rotierende mit Schleifpulver an der ebenen Fläche versehene Schleifscheiben aus sehr verschiedenen Materialien, vom harten Stahle herab bis zu Blei, Holz und Kork.

4. Schleifvorrichtungen, deren Schleifschalen mit Schleifpulvern versehen die Herstellung convexer oder concaver Formen gestatten.

5. Rotierende Bürsten, welche mit Schleifpulver versehen sind, oder es wird in kinematischer Umkehrung der Gegenstand in Rotation gesetzt und eine Schleifbürste dagegen gedrückt.

6. Bewegter Draht, bewegte Riemen als Träger des Schleifpulvers.

7. Liegesteine oder Schleifplatten.

8. Das Sandstrahlgebläse.

Die rotierenden Schleifsteine, Drehsteine.

Abgesehen von den um eine verticale Achse rotierenden „horizontalen" Schleifsteinen, wie sie beim Glasschleifen und beim Schleifen langer Messer mit geraden Schneiden Anwendung finden, haben wir es bei den Drehsteinen stets mit Steinscheiben zu thun, welche um eine horizontale Achse rotieren. Gewöhnlich wird das zu schleifende Werkstück gegen die Umfläche des Steines gedrückt, selten gegen die Seitenfläche.

Die Umfläche des Steines ist in der Regel eine Cylinderfläche und je kleiner der Durchmesser des Steines ist, um so stärker ist daher die Krümmung. Will man mittelst eines solchen Steines an einem Arbeitsstücke eine ebene Fläche anschleifen, dann ist es erforderlich, das Arbeitsstück unter gleichförmigem Andrucke in einer tangierenden Ebene zu führen. Es ist leicht einzusehen, dass die Führung des Arbeitsstückes aus freier Hand nur sehr schwer so vollkommen erzielt werden kann, um auf diesem Wege grössere genau ebene Flächen herzustellen. Man wendet dieses Verfahren daher nur für Arbeiten an, bei welchen entweder Genauigkeit nicht verlangt wird oder die herzustellenden Ebenen sehr enge begrenzt sind, oder endlich man benützt eine zwangläufige Führung des Arbeitsstückes. Am einfachsten erreicht man dieselbe, wenn der Stein oder die Schmirgelscheibe so unter einer eisernen Werktischplatte angebracht wird, dass sie nur äusserst wenig durch einen Spalt über das Niveau der Tischplatte vorragt. Die diesbezügliche Einrichtung ist im wesentlichen übereinstimmend mit der in Fig. 601, S. 526, dargestellten.

Concave Flächen lassen sich anschleifen, wenn das Arbeitsstück der Einwirkung des Steines längere Zeit derart ausgesetzt wird, dass es nur gegen den Stein angedrückt, erforderlichenfalls auch parallel zur Steinachse verschoben wird. In dieser Weise wird mit Schleifsteinen von circa 30 bis 45 *mm* Durchmesser jene Höhlung ausgeschliffen, welche viele Rasiermesser aufweisen.

Convexe Flächen erlangt man durch entsprechenden Lagenwechsel des Werkstückes und stete Rücksichtnahme darauf, dass von der Höhe der Convexität wenig Material weggeschliffen wird.

Jene schmalen, nahezu ebenen Züschärfungsflächen vieler Werkzeuge, Hobeleisen u. dgl. erlangt man mit genügender Genauigkeit an grossen rotierenden Steinen (etwa 1 *m* Durchmesser) dadurch, dass man das Werkzeug unter Andruck parallel zur Achse des Steines hin und her bewegt. Die feinere Schärfe gibt man dem Werkzeuge auf Liegesteinen, welches Nachschleifen man Abziehen nennt.

Bei manchen Werkzeugen, namentlich für die Bearbeitung von Holz, kann und soll man den rotierenden Schleifstein nur zum Vorschleifen benützen; man schleift hierbei nach einem ziemlich spitzen Winkel und führt die schmale eigentliche Zuschärfung auf dem Liegesteine unter weniger spitzem Winkel aus.

Durch diesen Kunstgriff wird der Stahl geschont, weil der scharfe Angriff des groben Steines nie bis zur Schneide vorschreitet, daher dieselbe auch nicht so sehr erhitzt wird, dass ihre Härte leiden könnte. Die Arbeit des Abziehens beschränkt sich auf die Herstellung einer schmalen Fläche, wodurch diese Arbeit in kürzerer Zeit beendet ist. Das Nachschärfen ist so lange nur ein Abziehen, bis die Schleiffläche an Breite derart zugenommen hat, dass wieder ein Vorschleifen oder Ausschleifen angezeigt erscheint.

Bei den rotierenden Schleifsteinen hängt die gute Wirkung wesentlich ab von der Instandhaltung der richtigen Cylinderform des Steines. Der Stein wird durch ungleichförmigen Andruck, sowie durch ungleichförmige Festigkeit leicht unrund, buckelig, kurz unregelmässig und muss dann abgerichtet werden.

Zwei der gebräuchlichsten Abrichtevorrichtungen, die eine mit scharfzahniger Stahlscheibe, die zweite mit einer Stahlglocke mit scharfem Rande wirkend, sind in Karmarsch-Heeren's technischem Wörterbuche, 3. Aufl., Bd. 7, S. 681, und Bd. 8, S. 462, beschrieben. Bei dem Gebrauche dieser Schleifsteinabrichter lässt man den Stein langsam rotieren und führt die verzahnte Scheibe oder die Glocke langsam parallel zur Achse zu, in einer solchen Einstellung, dass sie gegen die vorragenden Theile des Steines

drückend und dieselben aussprengend wirkt. Von der Drehung des Steines wird hierbei das abrichtende Werkzeug mitgenommen, es rotiert um seine Achse, auf welcher es lose sitzt.

Soll durch das Schleifen Material rasch entfernt werden, so ist das zu schleifende Stück kräftig gegen den Stein zu drücken, und benützt man hierzu Hebel, auf welche sich der Arbeiter setzt oder gegen welche er mit dem Knie drückt oder Einspannvorrichtungen mit Schraubenvorschub. Dadurch können ohne Anstrengung bedeutende Pressungen erzielt werden und bedarf der Stein zum Antriebe auch bedeutende Kraft. Bei einer Geschwindigkeit von 5 *m*, einem Andruck von 75 *kg*, einem Reibungscoëfficienten von 0·95, beträgt die Reibungsarbeit 0.95.5.75 *mkg* pro Secunde oder nahe 5 Pferdekräfte. Die maschinell getriebenen Schleifsteine sollen daher breite Riemen haben, damit sie die genügende Arbeitsgrösse zuzuführen vermögen und nicht bei wachsendem Widerstande abfallen; desgleichen ist die Anwendung sehr grosser, schwerer Steine (mit 2 bis 3 *m* Durchmesser) vortheilhaft, weil hier der Stein selbst durch seine Masse, einem Schwungrade ähnlich, ausgleichend auf die Geschwindigkeit einwirkt.

Man schleift mit den Schleifsteinen häufig nass und geschieht die Benetzung entweder dadurch, dass der Stein in Wasser läuft, oder dadurch, dass Wasser aufläuft, oder dadurch, dass man einen feinen Wasserstrahl seitlich nahe am Umfang zuführt, wobei das Wasser durch die Centrifugalkraft dem Umfange zugeführt wird.

Bei dem Trockenschleifen auf Steinen ist der sehr schädliche Schleifstaub durch künstliche Absaugung zu entfernen, und hat dieselbe unmittelbar beim Schleifsteine zu erfolgen.

Während die Umfangsgeschwindigkeit der Schleifsteine zwischen 3 bis 6 *m* beträgt, und grössere Geschwindigkeiten wegen der dann eintretenden Gefahr des Bruches, welcher mit einem Wegschleudern der Stücke verbunden ist, vermieden werden, kann man den Schmirgelscheiben Umfangsgeschwindigkeiten von 10 bis 30 *m* je nach der Gattung der Scheiben geben.

Die Schmirgelscheibenfabriken geben die zulässige Maximaltourenzahl an und darf dieselbe natürlich aus Sicherheitsgründen nicht überschritten werden. Abhängig ist die Geschwindigkeit, beziehungsweise die Tourenzahl von dem Bindemittel, welches die Schmirgelkörner zusammenhält. Allzu grosse Tourenzahlen haben aber den Nachtheil grossen Kraftverbrauches und bedeutender Erhitzung des Werkstückes. Die Celluloid Emery Wheel Comp.

verlangt circa 30 *m* Umfangsgeschwindigkeit, die Union Stone Co. nur 16 *m* und für das Schleifen von Werkzeugen nur 8 *m*.

In der Regel wird bei Schmirgelscheiben trocken geschliffen, manche eignen sich jedoch auch für das Nasschleifen. Der Schleifstaub wird entweder durch entsprechend mit der Haube der Schmirgelscheibe zu verbindende Saugventilatoren oder dadurch unschädlich gemacht, dass man den Funkenstrom gegen ein endloses nasses Tuch, welches über zwei Walzen gespannt ist, deren eine continuierlich und langsam in Umdrehung gesetzt wird, leitet. Die untere Walze taucht in ein Wassergefäss, das Tuch, beständig nass erhalten, fängt die Funken auf.

Für das Abschleifen oder Zuarbeiten von Oberflächen bedient man sich nicht ausschliesslich der Schleifsteine und Schmirgelscheiben, sondern theils gusseiserner, theils hölzerner Scheiben und Räder mit einem Schmirgelüberzug. Dies empfiehlt sich besonders bei façonnierter Form des Schleifrades.

Die Holzräder mit Schmirgelüberzug sind aus gut getrocknetem Holze gemacht und gegen das Werfen und Verziehen entsprechend zusammengefügt; an ihrem Umfange befindet sich ein Lederüberzug, auf welchem pulverisierter Schmirgel aufgeleimt ist. Jedes solche Holzrad läuft mit einer Stahlspindel, meistens in Körnerspitzen, und ist vollkommen ausbalanciert. Das Ausbalancieren wird mit Blei vorgenommen, welches in vorgebohrte Löcher auf der Seite der Räder eingeschlagen oder eingegossen wird. Auch bei den Messerschmieden sind solche wenn auch kleine Holzscheiben mit Schmirgelüberzug in Verwendung.

Für sehr genaue Arbeiten ist eine maschinelle Führung des Arbeitsstückes häufig Bedürfniss und dann wird der Schleifapparat zu einer mehr oder minder automatisch wirkenden Maschine ausgebildet.

Schleifmaschinen mit Schmirgelscheiben.

Die Universal-Schleifmaschine der Brown & Sharpe Manufacturing Co. aus Providence, Rhode-Island,*) ist speciell zum Rundschleifen eingerichtet, wenn Genauigkeit und Gleichförmigkeit verlangt wird, so z. B. zum Schleifen von weichen und harten Spindeln, Zapfen, Lagerbüchsen, Kalibern, Reibahlen, Fräsen u. s. w.

Auf dem kastenförmigen Untertheil, Fig. 671, ist das Bett *e*, in welchem der Steuerungsmechanismus der ganzen Maschine

*) Nach Wencelides' Ausstellungsbericht d. Weltausst. in Philadelphia (Wien 1877).

untergebracht ist, aufgesetzt. Auf diesem Bette gleitet in einer prismatischen Bahn der Tisch *C*, welcher automatisch hin und her bewegt werden kann, ähnlich wie der Tisch einer Hobelmaschine; derselbe ist von hinreichender Länge und passender Form, um die prismatische Bahn und den Steuerungsmechanismus vor Staub und vor Spänen zu schützen. Auf der Tischplatte *C* ist eine zweite Platte *A* aufgepasst und in der Mitte so befestigt, dass eine Verdrehung derselben möglich ist, welche durch die Schraube *a* bewerkstelligt und durch eine Gradeintheilung auf dem Tische *C* gemessen werden kann.

Auf der Platte *A* ist der Spindel- und Reitstock der Maschine angebracht, deren Spitzen, wie leicht einzusehen, unabhängig von der Verdrehung der Platte *A*, stets in einer Linie

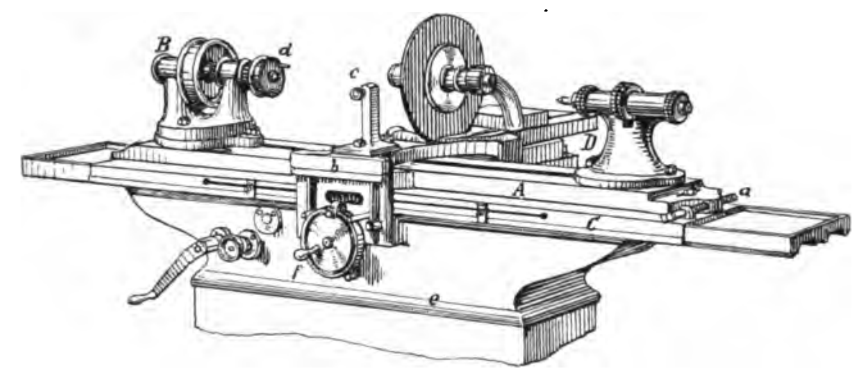


Fig. 671. Schleifmaschine von Brown & Sharpe.

bleiben, so dass man sowohl cylindrische, als auch konische Flächen zwischen ihren Spitzen schleifen kann. Der Spindelstock *B* lässt sich gleichfalls um eine verticale Achse verdrehen und unter jedem Winkel gegen die Richtung der Tischbewegung stellen. Die Unterplatte dieses Spindelstockes ist in Grade eingetheilt. Dadurch ist ein passendes Mittel geboten, konische Löeher in cylindrische Büchsen zu schleifen, indem zu diesem Behufe auf die Spindel des Spindelstockes *B* ein passendes Aufspannfutter geschraubt wird, das zum Halten der Gegenstände, in welchen die Löcher ausgeschliffen werden sollen, dient. Die gusseiserne tellerförmige, auf dem Bett *e* befestigte Platte *b* ist beim Schleifen zur Aufnahme von Spänen und Wasser bestimmt; überdies trägt sie das kleine Ständerchen *c*, gegen dessen stellbaren Anschlag sich der zu schleifende Gegenstand anlehnen kann, wodurch er gegen eine eventuelle Verbiegung beim Schleifen gesichert wird. Der Lager-

ständer, der die Schmirgelscheibenwelle trägt, ist auf der Platte *D* verstellbar.

Die Platte *D* ruht auf einem Untersatze, welcher sich auch um einen verticalen Zapfen drehen kann, wodurch sie unter beliebigem Winkel gegen die Tischplatte *C* gestellt, aber gleichzeitig in jeder beliebigen Lage durch den Griff *f* gehandhabt werden kann. Eine Scheibe, an welcher dieser Griff *f* befestigt ist, trägt eine stellbare Klemme, durch welche die Verstellung der Schmirgelscheibe gegen das Arbeitsstück, welches zwischen den Spitzen geschliffen werden soll, begrenzt wird. Eine Gradeintheilung auf dem Bette, worauf die Platte *D* ruht, bestimmt den Verdrehungswinkel.

Die kleine Rolle *d*, welche mit dem Zapfen, auf welchem sie lose läuft, in das konische Loch der Spindel des Spindelstockes eingesteckt werden kann, ermöglicht, dass man Gegenstände zwischen unbeweglichen Spitzen eingespannt schleifen kann. Mittelst einer Mutter, welche auf dem Gewinde der Spindel sitzt, wird diese kleine Rolle mit dem Zapfen, worauf sie läuft, herausgeschoben. Sowohl die Spindeln, als auch die Büchsen des Spindelstockes und des Schmirgelscheibenständers sind gehärtet und genau aufeinander geschliffen; sie lassen sich auch, wenn ausgelaufen, wieder nachziehen. Die beschriebenen Bewegungen machen es möglich, dass man auf dieser Maschine eine grosse Zahl verschiedener Arbeitskategorien ausführen kann.

Principiell ganz ähnlich sind jene Walzenschleifmaschinen gebaut, welche zum Abschleifen von Hartguss-, Stahl- oder Porzellanwalzen dienen.

Die Schmirgelscheibe erhält zuweilen rotierende und geradlinig hin und her gehende Bewegung in der Richtung ihrer Achse, die Walze nur langsame Drehung. Die Schleifmaschinen für Sägen, Fräsen u. dgl. arbeiten durchwegs mit Schmirgelscheiben, zum Theile automatisch. Die Querschnittsform der Schmirgelscheiben wird häufig dem Querschnitte der zu bildenden Zahnlücke (des Einschnittes) angepasst. Bei den Sägeschärfmaschinen wird das Sägeblatt gewöhnlich so in eine schraubstockähnliche Klemme eingespannt, dass die Zähne in einer Horizontalen liegen, mit den Spitzen nach oben gekehrt. Die Schmirgelscheibe ist in einem im Bogen schwingenden Arme gelagert, welcher niedergedrückt wird. wenn die Scheibe wirken soll. Nach dem Schliffe eines Zahnes wird die Klemme und Säge um die Theilung verschoben.

Die Schleifmaschinen für Fräsen müssen deshalb ziemlich mannigfach gestaltet sein, beziehungsweise die Schleifscheibe und die Fräse in verschiedene Stellungen zu einander gebracht werden

können, weil die Formen der Fräsen verschiedene sind und zudem die gewöhnlichen Fräsen vom Zahnrücken, die hinterdrehten aber von der Zahnbrust aus angeschliffen werden müssen.

Während des Schliffes einer Fräse findet eine Abnützung der angewendeten Schmirgelscheibe statt und die Folge hiervon ist die, dass von denjenigen Zähnen, welche später zum Schliffe kommen, etwas weniger Material weggenommen wird, als von den zuerst geschliffenen; denn die relative Lage der Achsen der Schmirgelscheibe und der Fräse bleibt hierbei ungeändert. Es ist daher nothwendig, dass nach dem ersten Schliffe die Schmirgelscheibe der Fräse um etwas weniges genähert wird, und dass neuerlich sämmtliche Zähne bearbeitet werden. Bei diesem zweiten Schliffe wird nur wenig Material entfernt, die Schmirgel scheibe nützt sich daher nur wenig ab und die Zähne werden schon genauer. Erforderlichenfalls kann man einen dritten Schliff anwenden.

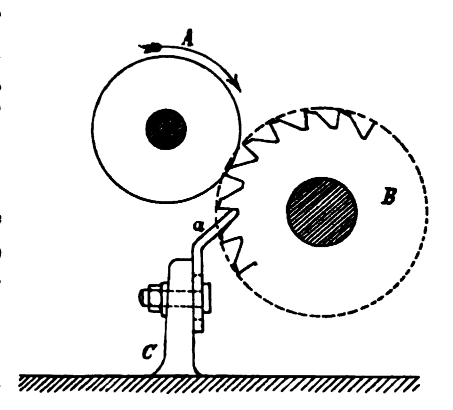


Fig. 672. Rückenschliff.

Zwischen dem Schliffe eines Fräsezahnes und dem Schliffe des nächstfolgenden muss die Fräse genau um die Theilung gedreht werden. Dies kann man bei dem Rückenschliffe der gewöhnlichen Fräsen in sehr einfacher Weise durch einen Anschlag *a*, Fig. 672, erreichen. *A* stellt die Schmirgelscheibe, *B* die Fräse vor, *a* einen in *C* festgehaltenen Anschlag, welcher die Fräse stützt. Die Frässpindel wird während des Schliffes eines Zahnes in ihrer Längsrichtung verschoben und diese Verschiebung erfolgt schliesslich so weit, dass die Stütze *a* ausser Berührung mit der Fräse kommt. Es lässt sich nun die Fräse sammt ihrer Spindel drehen und der nächste Zahn zur Auflage an *a* bringen. Die geradlinige Verschiebung der Fräse besorgt gewöhnlich der Arbeiter von Hand aus, desgleichen die genaue Einstellung der Schleifscheibenachse.

Bei dem Schleifen hinterdrehter Fräsen wird von der Brustseite der Zähne geschliffen und steht die wirksame Kreisfläche der Schleifscheibe radial zur Fräse. Die Verstellung um die Theilung kann dann mittelst einer Stütze erfolgen, wenn nebst der Fräse ein Sperrad gleicher Zähnezahl auf der Frässpindel befestigt wird.

Spiralbohrerschleifmaschinen*) sind von verschiedenen Constructeuren ausgeführt worden, wesentlich ist, dass der Bohrer genau symmetrisch zugeschliffen und richtig hinterschliffen wird. Die Schleifscheibe wirkt mit der Umfläche oder auch mit einer ebenen Fläche; der Bohrer wird ihr unter spitzem Winkel zugeführt und während des Schliffes um eine Achse gedreht, welche mit der Achse des Bohrers einen kleinen Winkel einschliesst. Dann wird er um 180° gewendet derselben Einwirkung auf der zweiten Seite ausgesetzt.

Schleifen der Messer und Scheren.

Zum Schleifen der Messer und Scheren benützt der Schleifer wohl in erster Linie den rotierenden Stein, hierauf aber noch andere Mittel. Ein stumpfgewordenes Messer wird zuerst „durch Schleifen am Stein" so bearbeitet, dass ein „Grath" entsteht, d. i. ein feiner, sich leicht umbiegender Faden äusserst dünnen Stahles. Man hält dabei das Messer gewöhnlich parallel zur Steinachse und verschiebt dasselbe während des Schleifens im tangentialen Sinne und auch in der Richtung seiner Länge. Durch die Bildung des Grathes werden die alte stumpfe Schneide, sowie die in ihr befindlichen ausgebrochenen Stellen (Scharten) beseitigt. Die am Messer laufenden Schleifstriche laufen senkrecht zur Schneide. Dieser Operation folgt das Feuern oder die Bearbeitung auf der Feuerscheibe. Es ist dies eine hölzerne Scheibe, an der Umfläche mit einem Riemen bekleidet, auf welchen feines Schmirgelpulver (durch Drahtsieb Nr. 60 gehend) aufgeleimt ist. Um diese Scheibe vorzurichten, macht man das Leder mit einer feinen Raspel etwas rauh, streicht es mit gutem heissen Leim an und rollt nun die Scheibe in dem Schmirgelpulver. Nachdem die Leimung halb trocken geworden ist, gleicht man die Scheibe auf der Schleifbank mit einem Stahlstücke ab und entfernt die vorstehenden Ränder. Die Wirkung der Feuerscheibe ist zarter wie die des Steines; das Funkensprühen wird die Veranlassung zur Benennung gegeben haben, im übrigen ist die Arbeit gleichartig mit jener am Steine.

Auf das Feuern folgt das Pliesten, Feinschleifen, auch oft schon Polieren genannt, auf der Feinschleif- oder Polierscheibe. Es ist diese Scheibe eine mit Leder überzogene Holzscheibe, auf deren Umfläche äusserst feiner, geschlemmter Schmirgel aufgeleimt ist, und zwar wird hier der Schmirgel in heissen Leim eingerührt und

*) S. Wencelides, Richard etc.

aufgetragen, nach dem Erkalten des Leimes wird das Abgleichen der Scheibe auf der Schleifbank mittelst des in Wasser getauchten Fingers besorgt. Hierauf lässt man die Scheibe gut trocknen. Durch die Anwendung dieser Scheibe erhält man das Messer gepliest, die Schleifstriche sind noch etwas sichtbar, aber das Messer hat bereits Glanz.

Der beim Schleifen am Steine entstandene Grath ist durch das Feuern und Pliesten noch nicht entfernt, es geschieht dies erst durch das Abziehen, gewöhnlich auf einem Oelsteine. Man hält hierbei den Stein, ein parallelopedisches Stück in der linken, das Messer in der rechten Hand und fährt mit dem Messer, welches unter einem Winkel von circa 10 bis 15° aufgesetzt ist, unter ganz schwachem Drucke ziehend so über den Stein, als ob man denselben zu schneiden beabsichtigte. Hierbei wird der Grath abgestossen und man erhält die eigentliche, neue Schneide, deren Facetten so schmal sind, dass sie kaum wahrgenommen werden. Für Rasiermesser wäre der so erhaltene Zuschärfungswinkel zu gross, diese legt man anfänglich wenig überhöht, dann flach auf den Stein, denn durch den dicken Rücken ist schon jene Neigung gegeben, welche zum Abstossen des Grathes erforderlich ist. Auch hier bleibt noch ein sehr feiner Grath, welcher durch das spätere Abstreichen entfernt wird.

Endlich benützt der Schleifer noch die Schneid- oder Hohlscheibe für gewisse Arbeiten. Es ist dies eine gut abgedrehte Holzscheibe (ohne Leder), auf welche feiner Schmirgel mit Leim wie auf die Feinschleifscheibe aufgetragen wird. Nachdem die Schmirgelmasse halbtrocken ist, wird diese Schicht mittelst eines schräg zur Umfläche gehaltenen Bleches, während die Scheibe rotiert, abgeglichen und der unreine Rand ebenso entfernt. Man lässt hierauf 8 Tage trocknen. Mit dieser Hohlscheibe schleift man hohlgeschliffene Messer, z. B. Rasiermesser fein (pliest, poliert), wobei das Messer theils an die Scheibenkante, theils an die Umfläche so angehalten wird, dass das Messer vom Arbeiter absteht, also seine Längsrichtung annähernd in die Mittelebene der Scheibe fällt. Scheren bekommen auf dieser Scheibe die geringe Höhlung, deren manche, z. B. Scheren zum Haarschneiden, bedürfen.

Auf die Pliest- und Hohlscheiben kann auch, wenn sie stumpf geworden sind, Unschlitt-Schmirgel aufgetragen werden. Der Schleifer erzeugt sich denselben selbst, indem er in geschmolzenes Unschlitt oder Talg feingeschlemmten, trockenen Schmirgel einrührt, bis die heisse Masse zäh flüssig geworden ist und dieselbe dann in Papierhülsen giesst. Nach dem Erkalten ist die Masse ziemlich fest und hält man das Stück gegen die rotierende Scheibe, so hängt sich davon eine feine Schicht am Umfange an, wodurch die „stumpf" gewordene Scheibe wieder wirksam wird.

Um den Schneidwaaren Glanz, eigentliche Politur, zu geben, verwendet man mit Leder überzogene Holzscheiben, auf welche Polierroth, Rouge (Crocus), aufgetragen wird. Die hierzu ver-

wendeten Scheiben sind die eigentlichen Polierscheiben, man erhält die Glanz- oder Feinpolitur.

Zwischen das Pliesten oder Feinschleifen und das Glanzpolieren schalten viele noch das Läutern ein, welches auf lederüberzogenen Scheiben mit feinstem Schmirgel geschieht.

Für das Polieren façonnierter Stücke, z. B. mancher Scherengriffe, verwendet der Messerschmied eine mit Unschlitt-Schmirgel scharfgemachte Bürstenscheibe aus Schweinsborsten. Die Ringe an den Scherengriffen werden zuvörderst innen nass geschabt (der Schaber ist dreieckig und in Wasser getaucht), dann mit Schmirgelholz feingeschliffen, hierauf mit dem Polierstahl und Seife poliert.

Als letzte, auf das Abziehen folgende Arbeit, welche z. B. bei Rasiermessern Anwendung findet, ist das Abstreichen auf Riemen oder am besten auf feiner, reiner Leinwand, welche in mehreren Lagen auf ein Holz gespannt ist, zu erwähnen. Die Richtung dieses Abstreichens soll schief vom Rücken gegen die Schneide und den Griff liegen, und das Umklappen des Messers hat hierbei über den Rücken zu erfolgen. Hierdurch erhalten einerseits die Zähnchen, aus welchen auch die schärfste Schneide besteht, eine richtige Lage (auf den Zug), andererseits wird durch das Umklappen über den Rücken die Schneide wesentlich geschont.

Schleifen von Glas und Steinen.

Schleifräder aus Gusseisen, auf deren Umfang ständig Schleifsand und Wasser zugeführt wird, finden in der Glasraffinerie zu einem vorbereitenden Schleifen, Kugeln, Einreissen genannt, Anwendung. Siehe Näheres in Karmarsch-Heeren's techn. Wörterbuche, III. Aufl., 4. Band, S. 61.

Schleifscheiben aus Stahl, Eisen, Kupfer, Zinn, Blei, Holz werden an der ebenen Fläche mit Schleifpulver versehen. Bei den hierher gehörigen Schleifbänken unterscheidet man horizontale und verticale Anordnung der Scheibenachse.

Die Schleifscheibe wird gewöhnlich mit Wasser befeuchtet, um dadurch die Schleifpulver an der Scheibe haften zu machen. Man verwendet stufenweise feinere Schleifpulver, wobei jedesmal, wenn zu einem feineren übergegangen wird, nicht nur der Gegenstand, sondern auch die Schleifscheibe von allen anhängenden groben Körnchen sorgfältigst zu reinigen ist, was man aber am einfachsten dadurch umgeht, dass man das Feinschleifen auf einer anderen Bank ausführt.

Vorrichtungen dieser Art werden hauptsächlich zum Schleifen der Steine verwendet, obwohl man auch manche Metallgegen-

stände, z. B. die facettierten Köpfchen kleiner Stahlnägel an solchen Scheiben schleift.

Beim Schleifen der Edelsteine wird das Steinchen an das Ende eines 20 *cm* langen eisernen Stäbchens mittelst Schmelzkitt oder einer leicht schmelzbaren Legierung von Zinn und Blei so befestigt, dass die abzuschleifende Stelle vorspringt. Das Ende jenes Stäbchens läuft zu diesem Zwecke in eine halbkugelförmige Vertiefung aus, die mit dem Kitte oder der Legierung gefüllt ist. Man erwärmt bis zu dem Punkte, wo der Kitt erweicht, oder die Legierung eine körnige Consistenz annimmt und drückt den Diamant oder Edelstein in der richtigen Lage ein und lässt erkalten. Hierauf erfolgt das Facettieren entweder aus dem Rohen durch Abreiben zweier so eingekitteter Steinchen aneinander, oder durch Schleifen auf der Schleifmaschine oder Schleifbank.

Die Schleifbänke weisen meist horizontale aus weichem Stahle oder Flusseisen bestehende Schleifscheiben auf. Der zu bearbeitende Stein wird mit dem Stängelchen, in welches er eingekittet ist, in einer Einspannvorrichtung gefasst, welche die Einstellung nach ablesbaren Winkeln gestattet und mit einem Theile ihres Eigengewichtes den Stein gegen die Schleifscheibe drückt.

Verwandt mit dem Steinschleifen ist das Linsenschleifen, doch bedient man sich hier statt der Schleifscheiben der Schleifschalen, deren Krümmungsradius der herzustellenden Linse entsprechen muss. Die Schleifschälchen für die kleinen Linsen der Mikroskopobjective sind natürlich sehr kleine Hohlkörperchen, zu deren exacter Herstellung der Kunstgriff angewendet wird, aus einem Stahldrahte vom Radius der Linse ein kleines Kreisscheibchen zu bilden, welches als Messer zum Ausdrehen des Schleifschälchens dient. Geschliffen wird mit Diamantstaub.

Beim Schleifen grosser Linsen kittet man das zu schleifende Glas an ein im Kugelgelenk aufgehängtes Pendel, Radius genannt, welcher als Schleifarm wirkt.

Das Schneiden von Steinen und Bohren von Glas kann dadurch erfolgen, dass man Schleifpulver mittelst entsprechend geformter Werkzeuge entweder nach einer geraden Linie oder nach einer Kreislinie zur Wirkung bringt. Beim Schneiden von Marmorplatten wendet man 4 bis 8 *m* lange Eisenblätter an, welche in einem entsprechenden Rahmen, ähnlich einer Säge eingespannt sind. Die Bewegung des Rahmens erfolgt horizontal, das Schneidblatt steht hochkantig und als Schleifmittel wird Sand oder Schmirgelpulver verwendet. Es wird nass geschliffen.

Soll in eine Glasplatte ein grösseres Loch gebohrt werden, so verbindet man mit einer Bohrspindel ein Eisen- oder Kupferrohr, welches am unteren Rande etwas dicker (gestaucht) ist, und schleift nass mit Schmirgel. Der Andruck ist durch mässige Belastung zu geben und um den Schleifabfall besser aus dem ringförmigen Schnitte zu bringen, können in den unteren Rand des Rohres grössere Ausschnitte gemacht werden.

Liegesteine.

Liegesteine sind gewöhnlich von parallelopipedischer Gestalt, sie sind gewöhnlich in einem Kästchen derart festgekeilt, oder an sich so schwer, dass sie bei dem darüber Hinführen des zu schleifenden Werkzeuges nicht verschoben werden. Der Liegestein ist entweder ein Wasser- oder Oelstein und muss ein sehr feines Korn besitzen. Beim Abziehen der Messer und Scheren werden, Handschleifsteine etwas kleinerer Abmessungen verwendet und das Messer über den Stein geführt (vgl. S. 607). Die Wetzsteine oder Handschleifsteine hingegen führt man an der Schneide des zu schärfenden Werkzeuges z. B. der Sense, Sichel etc. hin, dem Laufe der Schneide folgend. Zu denselben Zwecken verwendet man auch Schmirgelplatten und Schmirgelwetzsteine. Auf weiche Metalle, Kupfer, Silber etc. benützt man auch Schleifkohle mit Wasser oder Oel.

Verschiedene Träger der Schleifmittel.

Zum Schleifen von Holztafeln (Parquets u. dgl.) werden Schleifmaschinen mit hölzernen Schleifscheiben, welche mit Glas- oder Sandpapier bekleidet sind, verwendet.

Die verticale Schleifscheibenachse ist in einem doppeltgelenkigen Ausleger gelagert.

Schleifbürsten werden meist in Form rotierender Bürstenscheiben gebraucht. Als Material der Bürsten werden Schweineborsten, Piassava und feiner Draht am häufigsten verwendet. Man macht von diesem Schleifmittel dann mit Vortheil Gebrauch, wenn Gegenstände mit kleinen Vertiefungen zu schleifen oder zu polieren sind. Die Bürste wird mit Wasser oder Oel befeuchtet und mit dem Schleifpulver bestreut.

Riemen, Draht, Holzleisten, Leinwand und Papier dienen auch oft als Träger des Schleifpulvers und kann dasselbe auf diesen Unterlagen je nach Umständen aufgeleimt oder auch nur durch Oel oder Fett angehängt sein.

Lässt man einen endlosen über Scheiben laufenden, mit grobkörnigem Schmirgel durch Leimung belegten Riemen auf Schmiedestücke complicierterer Form einwirken, so können dieselben rasch blank geschliffen werden. Will man Metallringe innen ausschleifen oder polieren, so reibt man einen über Rollen laufenden weichen Riemen mit Fett und feinem Schmirgel oder beim Polieren mit Rouge ein und lässt den Riemen durch den Ring laufen.

Bekleidet man Draht mit Oel und Schmirgelpulver, so kann man die feinsten Schleifwirkungen erzielen. Der Draht kann als endloser Draht über Rollen geführt oder in einem Rahmen, ähnlich dem bei Laubsägen gebrauchten, ausgespannt sein.

Schmirgelpapier und Schmirgelleinwand wird häufig vom Metalldreher als sehr bequemes Schleifmittel zum Blankschleifen an der Drehbank benützt. Statt Schmirgel kann auch Carborundum-, Sand- oder Glaspulver aufgeleimt sein.

Schleifen mit dem Sandstrahle.

Das Sandstrahlgebläse wirkt dadurch mattierend und schleifend auf spröde und hämmerbare Materialien ein, dass gegen die Oberfläche derselben Sand mit einer Geschwindigkeit von etwa 25 *m* durch einen Luft- oder Dampfstrom getrieben wird.

Endet das Luft- oder Dampfrohr mit kreisförmigen Querschnitt, so erhält man einen cylindrischen Sandstrahl, endet es in einen geradlinigen Spalt, so ist der Sandstrahl in die Breite gezogen und eignet sich für die Bearbeitung grösserer Stücke, insbesondere von Platten. Dieses Verfahren ist von Tilghman erfunden. Da zähe und elastische Materialien, wie Leder, Pappe, Wachstuch, Kautschuk, sowie elastische Anstriche vom Sandstrahle nicht angegriffen werden, so kann man diese Mittel dazu verwenden, Theile des Arbeitsstückes vor der Einwirkung zu schützen. Dies kann zu den verschiedensten figuralen Effecten ausgenützt werden, denn bedeckt man das Werkstück z. B. mit starkem Papier, in welchem Figuren ausgeschnitten sind, oder bestreicht man dasselbe nach Zeichnung mit elastischem Deckgrunde, so werden nur die dem Sandstrahle zugänglichen Theile mattiert.

Eine Tafel „überfangenen Glases", d. h. eines Glases, welches aus einer dicken Grundschicht und einer dünnen andersfarbigen Deckschicht besteht, kann so bearbeitet werden, dass die obere Glasschicht nach dem Muster der aufgelegten Patrone durch den Sandstrahl weggeschliffen wird.

Ein Metallgefäss lässt sich mit elastischem Deckgrund theilweise überziehen. Dort, wo Deckgrund war, bleibt das Gefäss glänzend, an den anderen Stellen bekommt es ein sanftes körniges Matt.

Leitet man auf eine stumpfgewordene Feile unter einem Winkel von etwa 20° von der Angel gegen die Spitze gerichtet einen Sandstrahl, so findet ein Scharfmachen der Feile statt. Die Korngrösse des Sandes ist hierbei der Feinheit des Hiebes entsprechend zu wählen.

Zusammenschleifen.

Das Zusammenschleifen oder Zusammenschmirgeln ist eine Operation, durch welche man zwei annähernd sich berührende Stücke, z. B. zwei Platten, Hohl- und Vollkegel, Kugel und Pfanne u. dgl. durch Schleifen mit Schleifpulvern von stufenweise grösserer Feinheit, endlich zu innigem Zusammenpassen bringt. Bei Platten lässt sich die kreisende Bewegung mit einer schiebenden so combinieren, dass man wirklich die gewünschten Ebenen genau erhalten kann. Auch bei Hohl- und Vollkugel ist ähnliches möglich. Beim Einschleifen konischer Flächen aber lässt sich meist nur die drehende Bewegung beider Theile gegeneinander verwerthen und kann durch das Einschleifen nur dann ein dichter Anschluss erzielt werden, wenn die Theile schon die nahezu richtige Gestalt haben. Beim Zusammenschleifen ist besonders auf möglichst gleichmässige Vertheilung des feinen Schmirgels auf den einzuschleifenden Flächen zu sehen. Schmirgel und Oel hat man in kleinen Zwischenräumen, also öfter, aufzutragen und mit einer Korngrösse so lange zu arbeiten, bis die ganzen Flächen gleichmässige Bearbeitung zeigen; dann erst geht man zu einer entsprechend gewählten noch feineren Sorte über.

Schleifen von Messbolzen.

Die Anfertigung von Messbolzen (Endmassen) verlangt die Anarbeitung zweier genau paralleler und vollkommen ebener Endflächen. Es wird hierzu ein besonderes Schleifverfahren angewendet. Das zu schleifende Endmass wird in eine Klemme gespannt, welche die genau normale Lage des Masses gegen eine Richtplatte bedingt. Richtplatte und Klemme sind durch Schabarbeit hergestellt. Die Richtplatte ist in der Mitte durchbrochen und etwas vertieft ausgenommen und eine schwach convexe kleine kupferne

Scheibe lässt sich in dem Richtplattenloche vertical fein einstellen. Die Klemme besitzt verticale Wände (der Horizontalschnitt bildet einen Winkel L) und an diese Wände wird der genau cylindrische Messbolzen angedrückt und vertical so festgestellt, dass seine Endfläche etwas vor der Endfläche des Winkels vorragt. Setzt man nun die Klemme so auf die Richtplatte, dass die zu bearbeitende Bolzenfläche in die Vertiefung der Richtplatte ragt, so kann man das mit feinstem Schmirgel bekleidete kupferne Schleifkissen an dieser Endfläche zur Wirkung bringen und durch oftmaliges, verschieden gerichtetes Hinführen der Klemme über das Schleifkissen eine genaue Ebene, senkrecht auf die Bolzenachse herstellen. Bei dieser Arbeit verschiebt sich die Klemme mit ihrer geschabten Endfläche auf der Richtplatte. Durch Umspannen des Messbolzens und die gleiche Schleifarbeit bekommt man die zweite Endfläche parallel zur ersten.

Polieren.

Das Polieren (Poliren) bezweckt die Hervorbringung der höchsten Glätte und des davon abhängigen Glanzes. Dieser Glanz kann bei allen hämmerbaren Metallen auf zweierlei Weise erreicht werden, entweder durch Wegnahme der feinen Unebenheiten, welche nach dem Feinschleifen an der Oberfläche der Werkstücke verblieben oder durch Niederdrücken derselben. Bei allen spröden Materialien ist nur der erste Weg anwendbar, welcher eigentlich nichts anderes ist als ein Schleifen mit viel feineren Mitteln und daher mit Recht als Glanzschleifen bezeichnet wird.

Beim Glanzschleifen können alle jene Mittel, durch welche Schleifpulver zur schleifenden Wirkung gebracht werden können, zur Anwendung kommen, nur hat man statt der Schleifpulver Poliermittel anzuwenden.

Als wichtigstes Poliermittel für die meisten Metalle, für Glas und viele Steine ist das Engelroth, Polierroth, Caput mortuum oder Rouge hervorzuheben; es ist Eisenoxyd feinster Form, entweder als Niederschlag bei chemischen Processen oder aus dem Mineral Engelroth durch pulverisieren und schlämmen erhalten. Man poliert damit, indem man es mit Oel, Weingeist oder Wasser anreibt.

Weiters werden als Poliermittel Kalk, Zinnasche, Diamantin, Tripel, Englische Erde, Knochenasche, Kreide,

Graphit, *Kienruss*, *Holzkohle*, *Magnesia* (alba) und *Ziegelmehl* verwendet.

Alle diese Poliermittel müssen *sandfrei* und als sehr feine Pulver meist geschlämmt, zur Anwendung kommen.

Kalk, insbesondere „Wiener Kalk“, wird in *gebranntem* Zustande auf Stahl, Messing, Bronze zum Polieren benützt, und zwar nur sehr selten trocken, gewöhnlich mit Oel, Oleïn, Weingeist oder Wasser angerieben, was nur in jenen Mengen geschehen soll, welche sofort in Verwendung kommen.

Zinnasche, Diamantin (gebrannte Alaunerde), Holzkohle und Graphit werden zum Stahlpolieren, Tripel, Knochenasche, Kreide. Kienruss, Magnesia, Ziegelmehl zum Polieren weicherer Metalle oder zur Reinigung, als Putzpulver, verwendet.

Das Polieren mit dem Polierstahle kann auf alle hämmerbaren Metalle Anwendung finden, insbesondere steht es in Gebrauch zum Polieren von Gold- und Silberwaaren wobei man den Polierstahl in Seifenwasser taucht und sodann die Waare mit mässigem Drucke überreibt. Nach längerem Gebrauche wird der Polierstahl „schlüpfrig“ und wirkt minder gut; man frischt ihn durch Ueberreiben mit Zinnasche und Oel auf, denn hierdurch entfernt man die anhängenden feinen Theilchen des bearbeiteten Metalles, durch welche der Polierstahl schlüpfrig wurde.

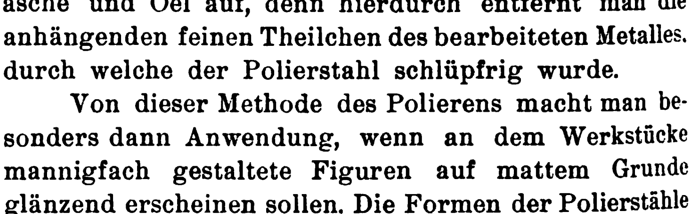


Fig. 673.
Polierstahl.

Von dieser Methode des Polierens macht man besonders dann Anwendung, wenn an dem Werkstücke mannigfach gestaltete Figuren auf mattem Grunde glänzend erscheinen sollen. Die Formen der Polierstähle oder Poliersteine (Achat, Blutstein) sind mannigfach und kann vorstehende Fig. 673 als Beispiel dienen.

Im Anschlusse sei noch bemerkt, dass man sich zum Blankscheuern mancher Gegenstände, z. B. der Drahtstifte, Ketten u. dgl. mit Vortheil der *Scheuertonnen* bedienen kann. Es reiben sich hierbei diese Gegenstände an sich selbst und den in die langsam rotierende Tonne zugesetzten Sägespänen oder dgl. glänzend.

VIII. Schraubenschneiden.

Zur Herstellung von Schraubenmuttern aus Stahl, Eisen, Messing etc. verwendet man als Handwerkzeuge die *Schraubenbohrer* (Gewindestähle, Schneidbohrer, Mutterbohrer), als deren

älteste mit den einfachsten Mitteln herstellbare Form das durch Fig. 674 gekennzeichnete Werkzeug betrachtet werden kann. Um dieses Werkzeug zu erhalten, werden an den gehärteten Schraubenbolzen vier Ebenen angeschliffen, welche gemeinsam eine sehr spitze, in Querschnitt quadratische Pyramide bilden, deren Achse mit der Achse der Schraube zusammenfallen muss. Der Zuschliff, welcher am verjüngten Ende des Werkzeuges so viel Material entfernt haben muss, dass die Endfläche des Werkzeuges ein Quadrat bildet, welches etwas kleiner ist als dasjenige Quadrat, welches in einen Kreis vom inneren Durchmesser der Schraube eingeschrieben werden kann, dieser Zuschliff lässt somit am Ende nichts mehr von den Gewinden übrig, während er sie auf der Gegenseite unberührt lässt. Hierdurch bilden sich am Werkzeuge Zahnreihen von wachsendem Durchmesser, Fig. 675, und wachsender Breite.



Fig. 674. Schraubenbohrer.

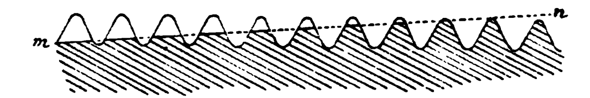


Fig. 675.

Führt man nun dieses Werkzeug in eine Bohrung vom Durchmesser des inneren Gewindes ein, und gibt man dem Werkzeuge, während man es dreht, einen stetigen Druck in seiner Längsrichtung, so schaben die Kanten Furchen in die Lochwand, welche sich bald zu einer stetigen Schraubenfurche ausbilden und als Muttergewinde auf das Werkzeug wirkend, diesem die Längsbewegung ertheilen, wenn die Hand des Arbeiters auch nur mehr drehend einwirkt. Drehung und anfänglich auch Druck in der Längsrichtung wird dem Werkzeuge durch Vermittlung des Windeisens gegeben. Es ist dies ein doppelarmiger eiserner Hebel, dessen stärkeres Mittelstück mit quadratischen oder rechteckigen Löchern zum Aufsetzen auf den entsprechend gestalteten Kopf des Schraubenbohrers versehen ist.

Der beschriebene Schraubenbohrer wirkt infolge der stumpfen Schneidwinkel (vgl. S. 440) nur schabend, daher unvollkommen. Man kann den Schraubenbohrer dadurch wirksamer machen, dass man die Schraube, von welcher man ausgehen muss, konisch

abdreht, dann mit Fräsnuthen von der Gestalt Fig. 676 *a* versieht und endlich härtet. Aber auch einem solchen Werkzeuge haftet der wesentliche Nachtheil an, dass seine Zahnreihen nahezu den Anstellwinkel Null besitzen. Richtige Form verlangt Hinterdrehen oder Hinterschleifen des Werkzeuges. Dreht man auf der Passigbank einen Bolzen nach Fig. 676 *b* ab, schneidet man dann in denselben auf der Drehbank das Gewinde und dreht es schlank konisch ab, fräst endlich Längsnuthen ein, wie dies deutlicher Fig. 676 *c* zeigt, und härtet man das Werkzeug, so erhält man einen vollkommen richtigen Schraubenbohrer. Derselbe hat nur den unvermeidlichen Mangel, dass ein Nachschleifen den Durchmesser ändert, daher das Werkzeug nur so lange gebraucht werden kann, als es die Schneide hält.

Die Gewindeschneidbohrer von Joh. Berg in Nürnberg unterscheiden sich von den übrigen dadurch, dass die Gewindeabschärfung nicht auf die ganze Länge des Werkzeuges gleich-

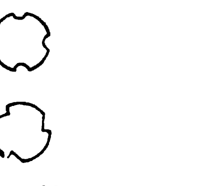


Fig. 676 *a*.

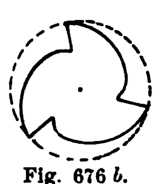


Fig. 676 *b*.

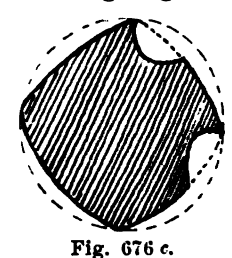


Fig. 676 *c*.

mässig kegelförmig, sondern absatzweise und stufenförmig durchgeführt ist. Das Werkzeug ist so hergestellt, dass von der geschnittenen Schraube von der Länge l durch wegdrehen kurzer Gewindestücke zunächst nur zwei bis fünf kurze Stücke gleicher Länge gelassen werden (═ 3 ═ 2 ═ 1 ═| z). Hierdurch kommt ans Ende ein Führungszapfen z und am Bolzen sitzen zwei bis fünf Schrauben, welche zusammen etwa vier Fünftel der Länge der ursprünglichen Schraube besitzen. Diese Gewindestücke werden nun zunächst cylindrisch abgedreht, und zwar so, dass von Theil 1 am meisten, von 2 weniger, vom letzten Theile nichts weggenommen wird. Hierauf wird jeder dieser Theile etwa zur Hälfte kegelförmig passig verjüngt und schliesslich werden Längsnuthen eingefräst. Beträgt deren Zahl drei, so kommen beim Passigdrehen drei Schwingungen auf eine Umdrehung, wodurch die Zahnreihen hinterschnitten sind.

Das konische Abdrehen der einzelnen Stufen hat mit Rücksicht darauf zu erfolgen, dass jeder der gebildeten Zähne der

konischen Theile, welcher später zur Wirkung kommt, etwas weiter von der Achse des Werkzeuges absteht, daher Span nehmen muss.

Soll in ein Loch, welches nur auf gewisse Tiefe ins Arbeitsstück reicht, ein Gewinde geschnitten werden, so muss man mehrere Gewindebohrer hintereinander anwenden, deren erster einen Führungszapfen besitzt und vorschneidet, er entspricht dem ersten Absatze, der ersten Stufe des vorerwähnten Werkzeuges, der zweite Bohrer entspricht der zweiten Stufe u. s. w. Diese Schraubenschneidwerkzeuge heissen Grundbohrer.

Mit den Schraubenbohrern werden die Schneideisen und auch jene Muttersegmente geschnitten, welche an den Backen sich befinden, die in den Schneidkluppen zur Verwendung kommen.

Schneideisen und Schneidkluppen sind die Werkzeuge für das Schneiden von Spindelgewinden.

Die Schneideisen werden in zwei wesentlich verschiedenen Formen verwendet. Die alten Schneideisen schneiden nicht, sie

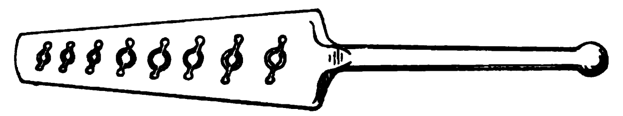


Fig. 677. Schneideisen.

drücken das Gewinde bloss auf und schaben dabei, die neuen, amerikanischen schneiden wirklich.

Die alten Schneideisen sind gehärtete und zur gelben Farbe nachgelassene Stahlblättchen, mit oder ohne Stiel, und haben mehrere mit Muttergewinden versehene Löcher. Ihre Grösse variiert zwischen 30 bis 150 *mm* Länge, 12 bis 50 *mm* Breite und 1 bis 4 *mm* Dicke. Die kleinsten werden von Uhrmachern benützt. Fig. 677 soll ein grösseres Schneideisen versinnlichen, bei welchem die Gewinde durch gegenüberstehende Schlitze in zwei Theile getheilt sind, ohne aber Schneidzähne richtiger Form aufzuweisen. Die Kanten des Einschnittes wirken nur schabend und durch den Einschnitt wird der Austritt der Spänchen gefördert. Hier, wie bei dem ungeschlitzten Gewinde, legt sich dieses im vollen Kreisumfange an einen passenden, am Ende konischen Bolzen an. Durch Eindrücken und gleichzeitiges Drehen des Werkzeuges werden die ersten Gewindgänge aufgedrückt. Das Fliessen des Materials findet so statt, dass sich gegeneinander bewegte Materialpartien in der Mitte, d. i. auf der höchsten Kante des Gewindes begegnen, dann legen sie sich übereinander und werden von dem Innentheil des Muttergewindes geglättet, die Rinne verschwindet äusserlich, im

Inneren ist aber das Unganze verblieben. Ist der Bolzen zu schwach, so können die beiden nebeneinander liegenden, wulstförmigen Grathe nicht übereinander gedrückt werden und erscheinen auch auf dem fertigen, unreinen Gewinde. Ist der Bolzen zu dick, so kann er nur bei gleichzeitigem Strecken durch das Schneideisen durchgezogen werden oder er reisst. Schmieren mit Oel darf nicht unterlassen werden.

Die Grenze der Bolzendurchmesser, bis zu welchen man mit solchen Werkzeugen noch Gewinde aufdrücken kann, ist sehr bald erreicht, denn bald vermag die Menschenkraft den nöthigen Druck nicht mehr hervorzubringen. Da die richtige Wahl der Dicke des Bolzens oder Drahtes, auf welchen die Schraube aufgeschnitten werden soll, von Wesenheit für die Erzielung eines guten Gewindes ist, so besitzen manche Schneideisen am seitlichen Rande Einschnitte zum Messen des Drahtes.

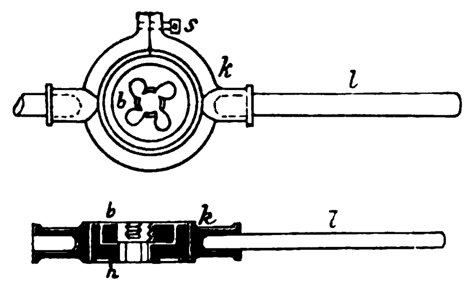


Fig. 678. Amerikanisches Schneideisen.

Die amerikanischen Schneideisen sind auf viel grössere Bolzendurchmesser anwendbar und mit richtigen Schneidzähnen versehen. In den kurzen, unrund (passig) ausgedrehten Stahlcylinder *b*, Fig. 678, sind Gewinde geschnitten, deren Verlauf an passender Stelle durch vier Bohrungen unterbrochen ist, dadurch sind in der Arbeitsrichtung Schneidzähne mit richtigem Schneidwinkel und zugleich Abzugscanäle für die Späne gebildet. Von diesen Zähnen sind nur die obersten mit voller Ganghöhe belassen worden, die übrigen sind durch konisches Ausarbeiten gekürzt und greifen vom ersten an successive tiefer ein. Das Schneideisen *b* ist durch Schrauben mit der gusseisernen Hülse *h* verbunden und diese in die geschlitzte, etwas federnde Klemmbüchse *k* eingelegt. *s* ist die Klemmschraube.

Bei der Herstellung dieser Schneideisen kann das Passigdrehen auch zur Herstellung eines unrunden Loches angewendet werden. Das Schraubengewinde wird dann mit dem Schraubenbohrer

eingeschnitten, die Schlitze werden ausgefeilt oder gebohrt und das Gewinde konisch ausgedreht, um den Schneiden allmählich zunehmende Höhe zu geben. Das Härten bildet den Schluss.

Mit Schneideisen dieser Herstellungsweise können scharfe und flache Gewinde, bis zu Durchmessern von 40 *mm* geschnitten werden.

Die Schraubenkluppen bilden einen Rahmen mit einem oder zwei Handgriffen, in welchem als arbeitender Theil die Backen (Schraubenschneidbacken) gelagert sind und gegeneinander verschoben werden können. Diese sind aus gutem Werkzeugstahl gefertigte, gehärtete und nachgelassene Klötzchen, die auf einer Seite ein segmentförmiges Gewinde eingeschnitten haben. Arbeitet die Kluppe nur mit zwei Backen, Fig. 679, so muss zur genügenden Führung der Kluppe an dem zu schneidenden Bolzen das Gewindesegment des Beckens einem Mittelpunktswinkel von 90 bis 120° entsprechen. Der Bolzen wird in einem Schraubstocke aufrecht eingespannt, die Kluppe auf das obere Ende aufgesetzt, die

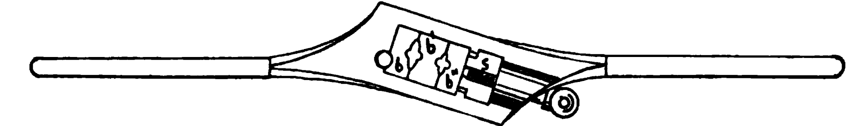


Fig. 679. Zweibackige Kluppe. Von den Backen *b*, *b'* und *b''* wirken gleichzeitig nur je zwei.

Backen durch eine Stellschraube mässig angezogen und bei anfangs ausgeübtem sanften Druck gegen abwärts die Kluppe im Kreise herumgedreht. Es bilden sich seichte Schraubengänge, welche für die weitere Arbeit als Führung dienen und weiteren Druck entbehrlich machen. Unter fleissigem Schmieren mit Oel dreht man die Kluppe bei unveränderter Backenstellung so weit herab als die gewünschte Schraubenlänge es bedingt, dreht dann zurück und nähert die Backen erst wieder am oberen Schaftende vor Beginn des neuen Herabdrehens. Je öfters der Vorgang bei mässiger Spanbildung wiederholt wird, desto schöner und fehlerfreier erscheint das Gewinde. Bei beschleunigter Arbeit wird beim Auf- und Abwärtsdrehen geschnitten, wobei die Backen auch an dem unteren Ende des Bolzens einander genähert werden; es entsteht aber ein unreineres Gewinde, wenn die Backen in dem Kluppenrahmen einigen Spielraum haben, denn sie stellen sich durch den Gegendruck beim Aufwärtsschneiden anders als beim Abwärtsschneiden und arbeiten auch zum Theile auf dem früheren Gewinde. Andere Fehler entstehen bei ungleichmässigem Niederdrücken an

beiden Handgriffen, d. i. bei geneigter Kluppe, wodurch das Gewinde an verschiedenen Stellen verschiedene Steigung erhält.

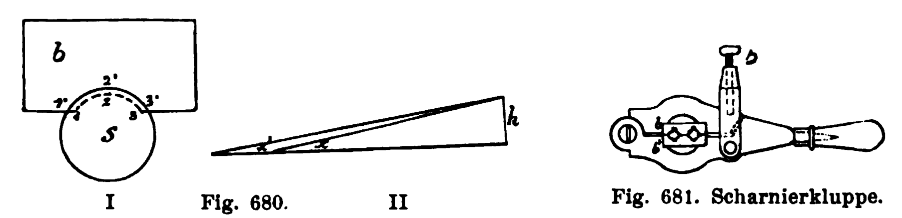
Es ist daher von der Uebung oder dem Arbeitsgefühl des Mechanikers abhängig, wenn zu Beginn das Niederdrücken so richtig erfolgt, dass bei einer Umdrehung auf der Spindel gerade jenes Neigungsverhältniss des Gewindes entsteht, wie es den Backen entspricht. Fehler sind leicht gemacht und werden dann nicht mehr behoben, wenn die gebildeten Gewinde den Backen schon hinreichende Führung bieten. Der Fehler wird noch gemindert, wenn gegen Ende mit umgekehrter Kluppe geschnitten wird, weil dann jene Theile der Backen zuerst angreifen, welche früher die letzten waren; vortheilhaft ist auch eine entsprechende Höhe der Backen zur Aufnahme genügend vieler Gewinde.

Werden auch alle die angeführten Vorsichten beobachtet, so ist es dennoch unmöglich, mit einer zweibackigen Kluppe reine, geschnittene Gewinde zu erzeugen; denn erstens sind selten richtige Schneidwinkel ausgebildet und zweitens gehören die nacheinander zur Wirkung kommenden Theile desselben Zahnes Schraubenlinien von verschiedener Neigung an und es muss der zu Beginn von einem Theile des Backens mit grösserer Neigung gebildete Gang nach und nach verdrückt werden, bis er eine geringere Steigung erhält. Aus Fig. 680 I u. II wird dies ersichtlich. Zu Beginn der Arbeit ist die äussere Gewindkante *1*, *2*, *3* wirksam, ihr entspricht ein Neigungswinkel x, welchen auch der von ihr gebildete Gewindtheil annimmt; nach und nach kommen tiefere Theile des Backens zur Wirkung, endlich jene innerste Kante *1*, *2*, *3*, welcher der kleinere Neigungswinkel x' zugehört. Die Differenz beider Winkel kann 2^0 und mehr erreichen. Das von der äussersten Kante erzeugte Gewinde muss gegen Ende in die Tiefen des Muttergewindes eintreten, und dies ist nur möglich, wenn es während der Arbeit um den Betrag der Winkeldifferenz verschoben oder verquetscht wurde. Diese Fehlerquelle kann umgangen werden, wenn die Backen mit solchen Gewindbohrern geschnitten wurden, deren Kerndurchmesser dem äusseren Gewinddurchmesser der fertigen Schraube gleich ist. Der Vorwurf, dass gegen Ende der Arbeit das Muttergewinde gegen das erzeugte ebenso unrichtig stehe, als bei den gewöhnlichen Backen zu Beginn, ist ohne praktische Bedeutung, da Backen, welche auf den äusseren Durchmesser des Bolzens passen, am Ende des Schneidens nur in ihrem mittleren Theile anliegen, daher das Gewinde fast gar nicht zu verquetschen brauchen. Der andere Fehler, der in den unvollkommen ausgebildeten, nur schabend wirkenden Schneidkanten liegt, lässt sich nur

dadurch beheben, dass man dem Backen bei Punkt 3 einen solchen Einschnitt gibt, dass die Ecke bei 3 zu einer spitzwinkeligen wird.

In dem Rahmen der in Fig. 679 abgebildeten, zweibackigen Kluppe ist ausser den Führungen für die Backen eine Erweiterung zum Herausnehmen derselben ersichtlich. Bei der Herstellung der Backen benützt man die zugehörige Kluppe. Die in die Führungen genau eingepassten und bis auf das Gewinde vollständig fertigen, noch weichen Backen werden in die Kluppe eingelegt und mit ihr um den im Schraubstocke befestigten Backen-Originalbohrer derselbe Vorgang ausgeübt wie beim Schraubenschneiden. Darauf werden in die Backen die Kerben eingefeilt und dann gehärtet.

Die *Scharnierkluppe*, Fig. 681, ist auch eine zweibackige Kluppe und ein für kleinere Bolzendurchmesser sehr häufig verwendetes Werkzeug. Das Aneinanderdrücken der Backen erfolgt durch die im Bügel angebrachte Schraube *s*.



I Fig. 680. II

Fig. 681. Scharnierkluppe.

Die Kluppen werden auch oft an der Drehbank benützt. Der Gegenstand rotiert, die Kluppe wird in der Hand gehalten und schiebt sich der Länge nach selber vor. Aehnlich ist die Wirkung der jetzt seltener angewendeten Leierkluppen. Die Backen sind in einem festen Ständer unverrückbar gelagert, der Bolzen von einer zangenartigen Vorrichtung gefasst und mit einer Kurbel verbunden, welche in Lagern drehbar und gleichzeitig in der Achsenrichtung verschiebbar ist.

In Fig. 682 ist eine dreibackige Kluppe nach *Whitworth* abgebildet. Diese, sowie vierbackige Kluppen empfehlen sich folgender Eigenthümlichkeiten wegen: Da die Bolzen an einer grösseren Anzahl von Punkten berührt werden, so ist die Führung besser und das Wanken geringer, die Zahl der schneidenden Zahnkanten ist grösser. Die einzelnen Backen sind schmal gemacht und gestatten die schneidenden Ecken so zu legen, dass ihre Fläche radial steht. Die Kleinheit des mit Gewinden versehenen Bogens jedes Backens gestattet, dass die Backen auf verschieden dicke Bolzen gleich gut arbeiten. Die Einrichtung der Whitworth'schen Kluppe ist durch die gleichzeitige radiale Einwärtsführung der

Backen mittelst excentrischer Flächen charakterisiert. Eine ganz ähnliche Bauart findet sich bei dem Klemmfutter der Sellers'schen Schraubenschneidmaschine. Die Beschaffenheit der Schneidzähne soll übereinstimmend mit jener des amerikanischen Schneideisens sein.

Für alle Kluppen liegt noch eine Fehlerquelle in der Ungleichförmigkeit des Materials. Die Backen werden härteren Stellen immer etwas ausweichen und in die weicheren dafür tiefer einschneiden, oder sie scheren harte Stellen ab und quetschen die nachgiebigeren, wodurch die Spindel unrund wird, Krümmungen und Verziehen eintreten. Es eignet sich daher geschmiedetes Eisen zum Schraubenschneiden am schlechtesten. War der Bolzen von Beginn an zu stark, so darf er nicht durch fortgesetztes Nachstellen der Backen auf den richtigen Durchmesser gebracht werden, sondern man soll ihn abdrehen und dann die Schraube schneiden.

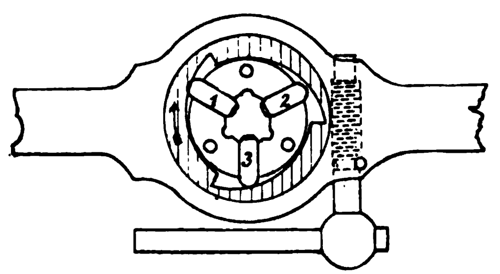


Fig. 682. Dreibackige Kluppe.

Mit den gleichen Kluppen werden auch linke Gewinde erzeugt, man ersetzt für diesen Fall den einen Backen durch einen mit glattem Ausschnitte, d. i. ohne Gewinde. Die Drehung der Kluppe geschieht unter denselben Bedingungen wie sonst, aber nach links. Der Ausschnitt im wirksamen Backen muss von wesentlich kleinerem Durchmesser sein, als der zu schneidende Bolzen, damit bloss die Zahnkanten zur Wirkung kommen und das erzeugte linke Gewinde nicht in das rechte der Backen eingequetscht werde.

Mehrfache Gewinde lassen sich von Backen mit einfachem Gewinde dann erhalten, wenn die Kluppe mit einer Einrichtung versehen ist, welche gestattet, die Backen schräg zu stellen und dadurch ihren Gängen eine solche Neigung zu geben, welche einem mehrfachen Gewinde entspricht.

Gasrohrgewinde. Zur Verbindung von Gasleitungsröhren mittelst Muffen oder Kreuzstutzen müssen die Enden mit Gewinden versehen werden, wozu gewöhnliche Kluppen benützt werden können, in deren Backen ein feines Gewinde eingeschnitten

ist. Die dünnwandigen Rohre vertragen kein so grobes Gewinde als massive Bolzen von gleich grossem Durchmesser. Eine gute Gasrohrkluppe muss aber noch andere Eigenschaften besitzen, nämlich die Verwendbarkeit derselben Backen auf verschieden weite Rohre, da innerhalb bestimmter Grenzen die Zahl der auf die Längeneinheit entfallenden Gewinde bei verschiedenen Durchmessern die gleiche bleibt. Es müssen daher die zu einem Satze gehörigen drei Backen mit dem schwächsten Gewindebohrer geschnitten sein, so dass bei den weiteren Rohren das schneidende Gewinde nur vorne mit der Schneidkante an das Rohr sich anlegt und in der Mitte abstehend die Gewinde nicht quetschen kann.

Verfertigung von hölzernen Schrauben.*) Die Arbeitseigenschaften des Holzes beschränken die Herstellung von Schrauben auf jene Methoden, welche Späne abtrennen.

Schneiden der hölzernen Schraubenmuttern. Gewöhnlich werden die Schraubenmuttern mit Gewinde- oder Schraubenbohrern geschnitten. Die älteren Werkzeuge schneiden nicht, sie reiben und reissen Holzmasse aus, das Gewinde wird rauh und erst durch Tränken mit Unschlitt geglättet. Rein und vollkommen arbeiten nur jene Werkzeuge, welche den Geisfuss anwenden, der aus zwei in spitzem Winkel stehenden Schneiden kleinen Zuschärfungswinkels besteht. Der mit einem cylindrischen Führungsansatz versehene Gewindebohrer ist auf eine gewisse Tiefe hohl. Der erste Gewindegang ist an einer bis drei Stellen durch Bohrungen unterbrochen und so nachgefeilt, dass der in der Bewegungsrichtung nachfolgende Gewindetheil einen Geisfuss bildet, während der vorhergehende Theil entweder ganz beseitigt oder auf geringere Höhe gebracht ist. Der Spanaustritt erfolgt durch die Bohrung nach einwärts. Der erste Zahn kann sonach auf einem Gewinde von $^1/_3$ Höhe ausgebildet sein. Der zweite Zahn schneidet tiefer ein und erst der letzte arbeitet voll aus. Fig. 683.

Schraubenspindeln werden mit dem Schneidzeug hergestellt, dessen arbeitender Theil ebenfalls ein Geisfuss ist. Die ältere

*) Mit den hölzernen Schrauben dürfen die sogenannten Holzschrauben nicht verwechselt werden. Holzschrauben sind aus Eisen, Messing u. dgl. hergestellt und dienen zur Verbindung hölzerner Werkstücke. Sie werden in Oesterreich in den Fabriken von Brevillier u. a. grossentheils mittelst automatisch wirkender Maschinen hergestellt; ihre Gewindgänge sind schmal und ragen verhältnissmässig weit über den Bolzen vor, wodurch sie geeignet sind, sich leicht in die Wandung eines vorgebohrten Loches einzuschneiden. Bei einem Bolzendurchmesser von 4 *mm* ragt das Gewinde etwa 1 *mm* vor und hat eine Breite von $^1/_3$ bis $^1/_2$ *mm* bei einer Steigung von etwa 3 *mm*.

Construction (Fig. 684) besteht aus zwei hölzernen Klötzchen *a* und *b*, welche von den Schrauben *c* zusammengehalten sind. Die cylindrische Spindel wird bei *d* eingeführt, das Werkzeug unter Druck gedreht und das Gewinde von dem Geisfuss *g* gleich auf volle Tiefe ausgeschnitten, wenn dies die Grösse des Gewindes gestattet. Führung findet es unmittelbar hinter der Schneidkante in dem Muttergewinde *e* des oberen Backens. Ist das Werkzeug für sehr grosse Schrauben bestimmt, so kann es zwei, auch drei Geisfüsse besitzen, welche successive tiefer schneiden. Die neuere Construction ist in Eisen ausgeführt (Fig. 685). Die Hülse enthält zur Führung ein Muttergewinde und zur Aufnahme des tangential an die Schraubenfläche liegenden Werkzeuges einen seitlichen Fort-

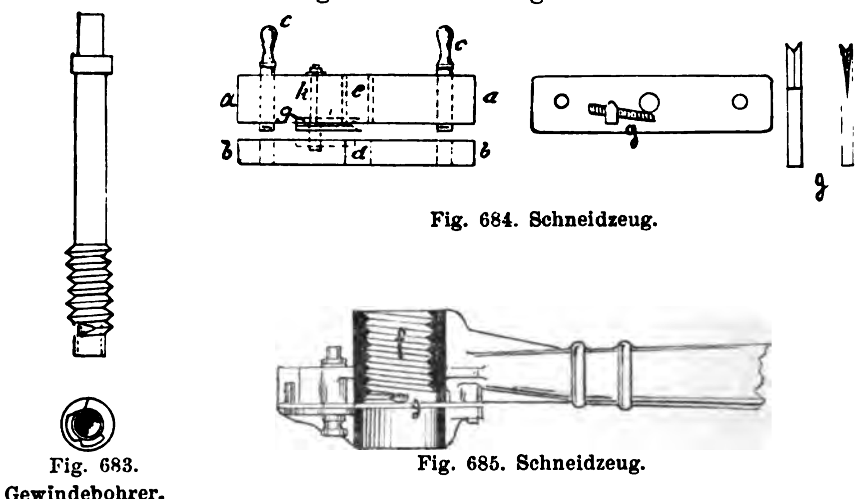


Fig. 684. Schneidzeug.

Fig. 683. Gewindebohrer.

Fig. 685. Schneidzeug.

satz. Durch eine rückwärtsliegende, in der Zeichnung nicht sichtbare Schraube ist der Geisfuss seitlich festgehalten, von unten aber durch den Deckel, der in seiner glatten Bohrung die Spindel zugleich führt. Hölzerne Schrauben werden häufig mittelst des Schneidkammes auf der Drehbank hergestellt.

Schraubenschneidmaschinen für Befestigungsschrauben sind theils Maschinen, welche mit Schneideisen oder mit Kluppen arbeiten, theils Revolverdrehbänke, theils auch vollkommen automatisch wirkende Maschinen.

Am verbreitetsten sind wohl die mit Kluppen arbeitenden Schraubenschneidmaschinen, bei welchen der Arbeiter das Einspannen der zu schneidenden Mutter oder des zu schneidenden Bolzens besorgt und den Beginn der Arbeit dadurch vermittelt, dass er das Arbeitsstück gegen das Werkzeug schiebt und bis zum

Erfassen an dasselbe andrückt. Bei diesen Maschinen beschränkt sich die maschinelle Arbeit darauf, dem Werkzeuge (Schraubenbohrer oder Kluppe) die rotierende Bewegung zu ertheilen, welche je nach den Abmessungen des Arbeitsstückes eine grössere oder kleinere Umdrehungszahl der Spindel verlangt, daher ein Stufenconus angewendet ist. Das Werkzeug kann z. B. die Tourenzahlen 8, 15, 25, 40 erhalten.

Das Arbeitsstück ist in einer Klemmvorrichtung (Halter) so gefasst, dass seine Achse in die Verlängerung der Spindelachse fällt und erhält seine achsiale Führung dadurch, dass der Halter *h* sich in einem Träger (*a* ○═══|*h*|═══○ *a*) befindet, dessen Augen *aa* auf zwei zur Spindelachse parallelen Stangen gleiten können.

Hat der Arbeiter den zu schneidenden Bolzen in den Halter eingespannt, so schiebt er den Träger mit Halter und Bolzen gegen die rotierende Kluppe, drückt den Bolzen ein, bis das Schneiden beginnt und wartet nun das Einziehen des Bolzens in die Kluppe ab. Hierauf zieht er die Backen nach und steuert die Bewegung um, es findet unter weiterem Schneiden die Rückbewegung des Trägers statt. Neuerliches Nachziehen der Backen und Umkehrung der Bewegung erfolgt des weiteren so lange, bis die Schraube fertig geschnitten ist.

Beim Schneiden der Muttern findet nur einmalige Längsbewegung statt, weil der Schraubenbohrer bezüglich seiner Schneiden ein unverstellbares Stück ist. Sollte das Muttergewinde bei einmaligem Schnitte nicht die gewünschte Reinheit aufweisen, dann kann ein zweiter Gewindebohrer, der Nachschneider, angewendet werden. Minder einfach ist die Schraubenschneidmaschine von Sellers, welche mit einer dreibackigen Kluppe arbeitet, aber den Vortheil besitzt, die Bolzen in einem Schnitte fertigzustellen. (S. Hart, Werkzeugmaschinen.)

Für die Massenfabrication kleiner Befestigungsschräubchen stehen vollkommen automatische Maschinen in Verwendung.

VI. Theil.

Von den Arbeiten zur Verbindung oder Zusammenfügung.

Die Verbindungs- oder Zusammenfügungsarbeiten sind mannigfach und lassen sich nach Karmarsch eintheilen in Schweissen, Falzen, Nieten, Nageln, Löthen, Leimen, Kitten, Zusammenschrauben, Zusammenkeilen, Verbinden durch Reifen und durch eigenthümliche Formung der Theile.

Vom Schweissen wurde bereits S. 125 und S. 309, vom Falzen S. 402 gesprochen. Das Nageln, Zusammenschrauben, Keilen, die Verbindung durch Reifen und eigenthümliche Formung der Theile, von welcher insbesondere bei Holzverbindungen häufig Gebrauch gemacht wird, sind theils aus dem gewöhnlichen Leben bekannt, theils werden sie im Anschlusse an die Elemente des Maschinenbaues und der Bauconstructionslehre behandelt. Es bliebe wohl noch technologisch sehr Interessantes, z. B. die Tyrebefestigung, die Zinkenschneidmaschinen u. s. w. zu besprechen, aber Vorlesungen können nicht alles bieten. Wir begnügen uns, Einiges über das Nieten, Löthen, Leimen und Kitten mitzutheilen.

Das Nieten.

Für das Nieten bedient man sich cylindrischer Bolzen mit einem Kopfe, des Nietes (das Niet oder die Niete). Das Niet muss in zusammenstossende gleiche Löcher der zu verbindenden Stücke gut einpassen und der Schaft des Nietes muss länger sein als die Dicke der zu verbindenden Theile. Den vorstehenden Theil des Nietes staucht man zu einem Kopfe.

Die Fig. 636 stellt ein Niet dar, welches in die Löcher beider zu verbindender Platten eingeschoben ist. *n* ist der Setzkopf, welcher bei der Fabrication des Nietes (vgl. S.341) gebildet und *o* deutet punktiert den Schliesskopf an, welcher beim Nieten angestaucht wird.

Bei der sogenannten Stiftenietung verwendet man cylindrische Bolzen, führt dieselben so in die Löcher ein, dass sie beiderseits der Bleche gleichweit vorragen und staucht zwei Köpfe gleichzeitig.

Man kann kalt oder warm (Niet glühend), durch ruhigen Druck oder durch Schlag nieten. Die Nietverbindung kann eine starre wie bei eisernen Brücken, Dampfkesseln u. dgl., oder eine bewegliche, wie bei Scheren, Zangen u. dgl. sein.

Kalt nietet man in der Regel nur bei Anwendung kleiner Niete, etwa bis zu einem Durchmesser von 6 *mm* und auch bei der beweglichen Vernietung. Ruhigen Druck bei kalter Vernietung wendet man sehr selten an. Man hat wohl kalt und mit ruhigem Drucke auch grössere Nietungen hergestellt, aber man kommt bald zu sehr hohen Pressungen, bei 20 *mm* Niet gegen 50.000 *kg*, und dies macht den Vorgang nicht rathsam. Zumeist wird bei starrer Vernietung mittelst starker Niete heiss und durch Schlag gearbeitet. Ist die glühende Niete eingeschoben, so wird der Setzkopf durch die Pfanne gestützt, in welche er sich wie in eine zu ihm passende Matrize einlegt. Die Pfanne kann das Ende einer massiven kurzen Eisenstange, des Vorsetzers, bilden und von einem Hilfsarbeiter angehalten werden, oder die Pfanne ist am Ende einer Winde oder auf dem kürzeren Arme eines Hebels befestigt. Wesentlich ist, dass die Pfanne den Setzkopf so lange andrückt, bis die Nietung vollendet ist. Der Schliesskopf wird zunächst durch Handhämmer aus dem Groben angestaucht

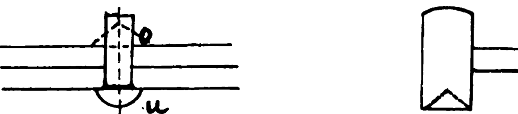


Fig. 686. Niet. *u* Setzkopf, Schliesskopf.

Fig. 687. Schellhammer.

und sodann mittelst des Setz- oder Schellhammers, Fig. 687, fertig gemacht, indem man ihn auf den roh geformten Schliesskopf aufsetzt und mittelst des Zuschlaghammers antreibt. Der Schliesskopf nimmt die Gegenform der Vertiefung des Schellhammers an.

Das Nieten grosser, insbesondere hohler Werkstücke (Dampfkessel) ist mit einem sowohl für die Arbeiter nachtheiligen als für die Nachbarschaft lästigen Lärm verbunden; die Anwendung hydraulischer Nietmaschinen behebt diesen Uebelstand und beschleunigt überdies die Arbeit, doch ist sie nur dort anwendbar, wo man der Nietstelle mit der Maschine beikommen kann.

Bei der Bildung von Trägerelementen aus Flacheisen, Winkeleisen, T-Eisen etc. ist der Abstand der Nietstelle von der Kante des Werkstückes so klein, dass man der hydraulischen Nietmaschine die Gestalt eines Bügels ($\subset^a_b$) geben kann, zwischen dessen Schenkelenden *a b* die Nietung erfolgt. Hierbei ist mit *a* der Nietstempel und der kleine hydraulische Cylinder, mit *b* die Pfanne verbunden. Die ausgeübte Pressung von 8000 bis 20.000 *kg* vermag ein nicht zu schwerer Gusstahlbügel ganz leicht zu ertragen (vgl. Tangye's hydraulische Lochmaschine, S. 430). Das Maschinchen ist

aufgehängt, lässt sich heben und innerhalb einer weiten Fläche horizontal verstellen und das Druckwasser wird ihm durch gelenkige Röhren in der Spannung von 150 bis 300 Atmosphären zugeführt.

Handelt es sich aber um die Nietung von Dampfkesseln, dann stellt sich die Aufgabe, eine praktische Maschine zu construieren, wesentlich schwieriger. Der Kessel muss hängend zwischen feste Gusstahlständer gebracht werden, und muss sich leicht heben und drehen lassen, um jene Punkte, wo die Niete einzuziehen sind, an die Pfanne und vor den Stempel zu bringen. Pfanne und Stempel sind einander gegenüberstehend an den Ständerarmen angebracht, deren freie Höhe gleich der halben Länge des Kessels sein muss, wenn man sämmtliche Nieten einer Längsreihe mit der Maschine einziehen will. Dass der Mantel des Kessels vor der Nietung bereits durch einzelne Schrauben provisorisch aus den gelochten und gebogenen Kesselblechen zusammengebunden sein muss, sei nebenbei erwähnt, wie auch der Umstand, dass der Kesselmantel zweimal, bald die eine, bald die andere offene Seite nach unten, in die Maschine gebracht werden muss. Als eine vorzügliche Maschine ist jene zu bezeichnen, welche die Maschinenfabrik Breitfeld, Danek & Comp. bereits in zahlreichen Exemplaren nach der Construction *Schönbach's* ausgeführt hat. (Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch. Vereines, 1887, D. R. P. 46948 und 63454.)

Für die Nietungen mit feinen Nieten, wie sie in zahlreichen Gewerben (Schlosserei, Spenglerei, Bronzewaarenfabrication etc.) vorkommen, bedient man sich kleiner, in den Schraubstock einzuspannender Pfannen (Nietstöckchen) und statt des Setzhammers nicht selten einer Nietpunze, eines kleinen, fingerlangen Stahlstäbchens, dessen Ende entsprechend halbkugelig oder kegelförmig ausgenommen ist.

Um eine *bewegliche Vernietung* herzustellen, taucht man das Niet in Oel.

Jede gute starre Vernietung verlangt, dass die Löcher der zu verbindenden Stücke gut zusammenpassen und das Niet nur sehr wenig kleineren Durchmesser besitzt. Auch müssen die Platten beim Nieten dicht aneinander liegen. Die erste Bedingung wird durch Eintreiben von Dornen, zuweilen auch durch Reibahlen erfüllt; zum Zwecke dichten Anschlusses der Platten wendet man bei Handarbeit den *Nietenzieher* oder *Anzug* an, welcher dem Setzhammer ähnlich ist, jedoch statt einer Vertiefung von der Form des Schliesskopfes ein tieferes Loch besitzt, welches dem Bolzen freien Raum lässt. Bei den Nietmaschinen ist der Stempel

von einem Rohr umgeben, welches dem Stempel voreilt und den Anschluss der Bleche bewirkt. Gebohrte Löcher sind reiner als gepresste und lassen im Material keine Spannungen zurück, sie sind für manche Nietarbeiten vorgeschrieben (Brückenverordnung).

Mag die Nietung von Dampfkesseln noch so gut ausgeführt sein, so schliessen die Bleche nie wasser- und dampfdicht aneinander, diese Eigenschaft muss durch das Verstemmen gegeben werden.

Das Verstemmen erstreckt sich sowohl auf den Rand sämmtlicher aussenliegenden Nietköpfe, als auch auf die Fugen der Kesselbleche. Es sollen hierbei die Ränder der Nietköpfe dicht an die Platte und der Blechrand der äusseren Platte dicht an die an der Nietstelle innenliegende Platte gedrückt werden, ohne dass durch scharfe Werkzeuge eine Verletzung der Bleche eintritt. Es sind daher stumpfe, abgeflachte oder abgerundete Verstemmer an-

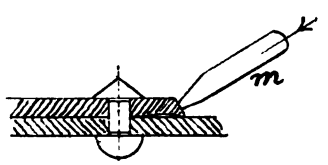


Fig. 688. Verstemmen.

zuwenden, wie dies durch Fig. 688 angedeutet wird. Viel rascher als durch das gewöhnliche Verstemmen wird diese Arbeit mittelst der pneumatischen Verstemmer der pneumatic tool company geleistet.

Löthen.

Löthen wird jenes Verfahren genannt, durch welches Metallflächen gleicher oder verschiedener Art mittelst eines anderen, im geschmolzenen Zustande zwischen dieselben gebrachten, daselbst erstarrenden Metalles verbunden werden (Hartig).

Das auf solche Weise zur Verbindung angewendete Metall, das Loth, darf keinen höheren Schmelzpunkt haben, als die zu löthenden Metalle besitzen, vielmehr ist in der Regel der Schmelzpunkt des Lothes niedriger.

Die metallische Verbindung kann nur dann eine gute werden, wenn die zu verbindenden Flächen metallisch rein sind und das Loth die Neigung hat, an ihnen zu adhärieren oder noch besser sich zu legieren.

Man unterscheidet Weichloth oder Schnelloth und Hartloth oder Schlagloth und spricht von weichlöthen oder hartlöthen je nach dem zur Löthung verwendeten Lothe.

Zu den Weichlothen gehören:

Zinn zum Löthen von Gegenständen, welche aus reinem Zinn hergestellt sein müssen.

Zinn-Blei-Legierungen, insbesondere 5 Theile Zinn, 3 Theile Blei (Sickerloth) als der am leichtesten schmelzbaren Zinn-Blei-Legierung. Der Schmelzpunkt liegt unter dem reinen Zinnes. Die Blei-Zinn-Legierungen bilden das gewöhnliche Weichloth und sie werden zum Löthen von Eisen, Kupfer, Messing, Zink, Blei, Gold, Silber, besonders auch des verzinnten Eisenbleches (Weissblech) verwendet.

Wismuth-Blei-Zinn-Legierungen. Wächst der Wismuthgehalt bis 50%, so erhält man Legierungen, welche unter 100° C. schmelzen, aber kostspielig sind. Eine Legierung von 2 Zinn, 2 Blei und 1 Wismuth schmilzt bei 145° C. Die Wismuthlothe werden hauptsächlich für typographische Zwecke verwendet.

Hartlothe. Die wichtigsten Hartlothe sind Kupfer, Messing, Argentan, Silber-Kupfer-Legierungen, Gold-Silber-Kupfer-Legierungen. Mit den drei erstgenannten Hartlothen löthet man schmiedbares Eisen, mit Messing löthet man Kupfer, mit zinkreicherem Messing (Messingschlagloth) wird gewöhnliches Messing, mit zinkreicherem Argentan wird Argentan gelöthet. Silberschlagloth und Goldschlagloth sind nichts anderes als Silber- und Gold-Legierungen von leichterer Schmelzbarkeit als die zu löthenden Waaren. Den Silberschlaglothen sind nicht selten 9 bis 28% Zink beigemengt, um sie leichtflüssiger zu machen, was namentlich dann erforderlich ist, wenn bereits gelöthete Silberwaare noch weiter gelöthet werden muss, was man nachlöthen nennt.

Das Weichlöthen erfolgt gewöhnlich folgenderweise: Die blanken reinen Flächen, oft frisch geschabt, werden aneinander gelegt und durch Löthzangen, Draht, Falze, Schwalbenschwanzverbindung oder dergleichen aneinander gehalten. Damit sie blank bleiben und nicht durch die beim Löthen unvermeidliche Erhitzung oxydieren, bestreicht man sie mit Löthwasser, d. i. eine concentrierte Chlorzinklösung oder eine Mischung aus Chlorzink- und Chlorammoniumlösung. Hierauf sucht man in die Löthfuge geschmolzenes Loth einfliessen zu lassen, was zumeist mit Zuhilfenahme des Löthkolbens geschieht. Der Löthkolben ist ein Werkzeug, welches aus einem zum Theile prismatischen, zum Theile keilförmigen Kupferstücke (Hammerkolben) oder aus einem theils prismatischen, theils pyramidalen Kupferkörper (Spitzkolben) mit Stiel und Griff besteht. Der Löthkolben muss von seiner Schneide oder Spitze aus auf 3 bis 4 *cm* gut verzinnt sein, damit man mit

dem erhitzten Kolben von einer Weichlothstange oder Platte durch entsprechende Führung des Kolbens etwas geschmolzenes Loth abheben und zur Löthstelle übertragen kann. In die Löthfuge streicht man das Loth ein, welches die Fuge ausfliesst und die Verbindung herstellt.

Zur richtigen Erhitzung der Löthkolben bedient man sich entweder der Löthöfen oder man versieht den Löthkolben mit einer grösseren Handhabe, welche eine leicht verdampfende brennbare Flüssigkeit (Benzin oder dergleichen) enthält, deren Dampf durch ein Röhrchen gegen den Kolben geleitet und dort zur Verbrennung gebracht wird. Die Erhitzung des Kolbens kann so durch zwei bis drei Stunden constant erhalten werden, weil ein Theil der Wärme vom Kolben aus durch Leitung der Flüssigkeit zugeführt wird und deren allmähliche Verdampfung veranlasst. Um den Verdampfungsvorgang einzuleiten, bedarf es nur der Erwärmung des Kolbens durch kurze Zeit.

Statt des Löthkolbens wird zum Schmelzen des Weichlothes zuweilen Leuchtgas mit Luft gemengt, daher rauchlos, angewendet, in welchem Falle das Loth in Form dünner kleiner Blechstückchen auf die Löthstelle gelegt wird. Für das Löthen zahlreicher kleiner Stückchen, z. B. Tapezierernägel, sind besondere Vorrichtungen und auch besondere Oefen in Gebrauch und kommt fein gepulvertes oder auch granuliertes Loth zur Verwendung.

Das Hartlöthen erfordert als Löthmittel Borax, gepulvertes Boraxglas, durch Schmelzen des gewöhnlichen Borax erhalten. Man kann wohl auch letzteren unmittelbar verwenden und ihn mit fein granuliertem Lothe gemengt an der Löthstelle aufstreuen, aber indem er beim Erhitzen mit der Löthflamme sich aufbläht und erst nach Verdampfen des Krystallwassers schmilzt und reinigend auf die Metallflächen einwirkt, so verzögert sich der Vorgang etwas. Nicht selten reibt man gewöhnlichen Borax auf einer mattgeschliffenen Glastafel mit Wasser zu einem milchigen dünnen Brei, befeuchtet mit diesem die Löthfuge und streut granuliertes Loth auf, welches an dem Brei haftet.

Man wendet auch Gemenge von Pottasche, Kochsalz und Borax als Löthmittel an.

Das Schmelzen des Lothes wird sehr oft durch eine Stichflamme besorgt, welche durch Anwendung einer gewöhnlichen Lampe in Verbindung mit dem Löthrohre erhalten wird. Das Löthrohr ist ein schlank konisches, am Ende hakenförmig gebogenes Messingrohr, mit welchem man so in die Flamme der

Lampe bläst, dass dieselbe horizontal abgelenkt wird. Bei einiger Uebung kann man continuierlich blasen, ohne dass die Athmung gestört wird.

Man bedient sich auch der Leuchtgas- oder Wasserstofflamme in der Weise, dass man diese Gase durch einen Schlauch dem Brenner zuführt, verdichtete Luft durch einen zweiten Schlauch. Das Mengenverhältniss von Gas und Luft kann durch Hähne geregelt werden. Der an dem Ende der Schläuche befindliche Brenner kann von Hand aus so geführt werden, dass man die auf Eisenblech liegende zu löthende Waare beliebig mit der Flamme umspielen kann.

Grössere zu löthende Stücke können auch durch glühende Holzkohlen gelöthet werden. Bei dem Löthen von Eisen wird auch häufig das Schmiedefeuer verwendet. Auf die entsprechend lose verbundenen Stücke legt man das Loth (Kupfer- oder Messingblech) an die mit Borax bestreute Löthfuge oder bindet das Loth mit ausgeglühtem Eisendrahte fest, umhüllt mit Lehm und erhitzt, bis das Loth schmilzt. Hierbei färbt sich oft die Flamme des Schmiedefeuers an den Säumen grün. Sobald diese Farbe sich zeigt, muss das Werkstück rasch aus dem Feuer genommen werden, denn dieselbe rührt von verbrennendem Kupfer her.

Beim Löthen grösserer Messingwaaren schützt man dieselben auch oft durch einen Anstrich von Lehm vor Oxydation.

Nach dem Löthen wird der angeschmolzene Borax durch Einlegen der Stücke in sehr verdünnte Schwefelsäure (angesäuertes Wasser) entfernt.

Leimen.

Unter Leimen versteht man die Verbindung von Holzflächen durch flüssig gemachten Leim, welcher zwischen dieselben gebracht wird und daselbst trocknen muss, und unter Leim eine Substanz, welche durch die Einwirkung kochenden Wassers aus Knorpeln, Sehnen, Häuten, Knochen u. dgl. gezogen werden kann. Knorpelleim (Chondrin) und Knochenleim (Glutin) werden unterschieden,*) denn sie verhalten sich gegen Reagentien ungleich, obwohl das physikalische Verhalten dasselbe ist.

Der käufliche Leim soll in Wasser eingeweicht, zum Aufquellen gebracht, und dann erst durch Erhitzen flüssig gemacht werden. Es empfiehlt sich insbesondere doppelwandige Leimgefässe zu verwenden und zwischen die beiden Wände Wasser zu geben,

*) S. Näheres Karmarsch-Heeren, techn. Wörterbuch. Bd. 5, S. 357.

weil dann die Erhitzung im Wasserbade stattfindet und den Siedepunkt nicht überschreiten kann. Hierdurch ist das Anbrennen des Leimes sicher hintanzuhalten, welches sonst den Leim verdirbt, jedenfalls seine Bindekraft vermindert; auch bleibt der Leim in solchem Gefässe lange flüssig.

Die Consistenz der heissen Leimlösung soll eine solche sein, dass ein Tropfen derselben auf einen kalten Körper gebracht, nach wenigen Minuten gelatinös wird. Die heisse Lösung muss aber dünnflüssig sein, so dass sie in dünner Schicht auf die zu verleimenden Flächen mittelst des Pinsels gestrichen werden kann. Ist dies geschehen, so sind die zu verbindenden Flächen gegeneinander zu drücken, für welchen Zweck der Tischler die Leimzwingen verwendet, und gepresst bis zum völligen Trocknen des Leimes zu belassen.

Mit gutem Leime richtig ausgeführte Leimung hält sehr fest, so, dass z. B. zwei theilweise übereinander geleimte Leisten

b *a*

sich nicht an der Leimfuge lösen, wenn Leiste *b* eingespannt und Leiste *a* am Ende niedergedrückt wird, bis der Bruch erfolgt. Der Bruch muss wenigstens theilweise im Holze erfolgen.

Die mit gewöhnlichem Leime verbundenen Holzbestandstücke widerstehen der Einwirkung der Nässe nicht. Hingegen bleibt die Verbindung gesichert, wenn man sich des sogenannten Holzkittes bedient. Um diesen herzustellen, kocht man 16 Theile Leim mit dem vierfachen Gewichte Wasser und setzt dieser Leimlösung 9 Theile Leinölfirniss zu unter Umrühren und Kochen durch zwei bis drei Minuten.

Flüssiger Leim wird nach bestimmten Vorschriften durch Zusatz von Salpetersäure zu einer Leimlösung oder durch Lösen von Leim in Essig erhalten.

Um Metall auf Holz zu leimen, verwendet man sogenannten russischen Leim, oder man rührt in guten Leim 4 bis 8% Kreidepulver oder Zinkoxyd ein, durch welchen Zusatz die Bindekraft erhöht wird.

Marineleim ist eine warm bereitete Mischung von Theeröl und Schellack oder von Kautschuk, Theeröl und Schellack.

Kitten.

Von der Verbindung durch Kitte wird bei der Herstellung von Schmirgelscheiben und Kunststeinen ein wichtiger Gebrauch gemacht; auf Metall werden Kitte meist nur zur dichten Ausfüllung

von Poren, Zwischenräumen und zum Dichtmachen von Fugen verwendet, während die eigentliche Verbindung durch Schrauben und andere Mittel erzielt wird.

In der Abhandlung über Kitte in Karmarsch-Herren's techn. Wörterbuche, Bd. 4, S. 765, hat Prof. Dr. Gintl folgende Eintheilung getroffen:

1. Oel- oder Firnisskitte, gewonnen durch Verkneten von Schlämmkreide, Mennige, Bleiglätte, Bleiweiss, Graphit u. a. Pulvern mit trocknenden Oelen, insbesondere mit Leinölfirniss. Diese Kitte sind frisch zu verwenden, erhärten in einiger Zeit und dichten dann sehr gut ab. Glaserkitt ist Schlämmkreide mit Leinöl oder Leinölfirniss zu einem weichen Teige geknetet. Minium- oder Mennigekitt ist jener rothe Kitt, welcher insbesondere zur Dichtung von Dampfleitungen in Gebrauch ist.

2. Harzkitte können durch Auflösung von Harzen in geeigneten Lösungsmitteln bei gewöhnlicher Temperatur in flüssigem Zustande sich befinden und sie kitten, wenn das Lösungsmittel verdampft ist. Z. B. Schellack in Spiritus gelöst. Oder die Harze werden in geschmolzenem Zustande zum Kitten verwendet, Schmelzkitt, in welchem Falle die zu kittenden Stücke bis zu jener Temperatur erhitzt sein sollen, bei welcher der Kitt schmilzt, weil nur so ein festes Anhaften des Kittes, insbesondere an Metallflächen erzielt wird. Alle Siegellacke können als Schmelzkitte verwendet werden.

Hierher kann man auch die Asphaltkitte einreihen, desgleichen die Kautschuk- und Guttaperchakitte (s. obige Quelle, S. 770).

3. Leim-, Caseïn- und Eiweisskitte. Leim mit gelöschtem Kalk, Kreide oder Gyps verrührt wird vielfach als Kitt verwendet (Metall auf Glas). Eiweiss oder Caseïn mit zu Pulver gelöschtem Kalk angerieben gibt einen guten Kitt, doch ist derselbe nur an trockenen Orten haltbar.

4. Thonkitte. Lehm mit Salzwasser angemacht gibt guten Ofenkitt, der Zusatz von Faserstoffen vermindert das Rissigwerden. 5 Theile Thon, 2 Theile Eisenfeilspäne, 1 Theil Braunstein, $^1/_4$ Theil Kochsalz und $^1/_4$ Theil Borax gibt Schwartze's Kitt.

5. Mineralkitte. *a)* Die Wasserglaskitte, welche aber die Einwirkung von Wasser schlecht vertragen. *b)* Die Chloridkitte, z. B. Zinkoxyd mit Chlorzinklösung von 50 bis 60° B. angerieben, gut erhärtend und dem Wasser widerstehend, und der sogenannte Magnesiacement aus gebranntem Magnesit und Chlormagnesiumlösung. Hierher gehören auch die sogenannten Rost- oder Eisen-

kitte, welche aus Eisenfeilspänen mit 1% Salmiak bestehen und mit Wasser oder Essig angerührt werden.

Als Bindungsmasse bei der Herstellung von Schmirgelscheiben verwendet man auf 42 Theile Schmirgel eine Mischung von 9 Theilen gebrannte Magnesia und 9 Theilen Chlormagnesiumlösung von 30° B.

Die durch Kitte zu vereinigenden Körper sollen rein, insbesondere fettfrei sein, der Kitt ist gleichmässig in dünner Schicht aufzutragen und bei Schmelzkitt müssen die zu kittenden Stücke zu jener Temperatur erhitzt sein, welche dem Schmelzpunkte des Kittes entspricht.

VII. Theil.

Von den Verschönerungsarbeiten.

Für den Verkaufswerth jeder Waare ist das äussere Ansehen von hohem Einflusse und um dasselbe gefälliger zu machen, werden je nach der Gattung der Waare verschiedene Arbeiten ausgeführt, welche man auch mit dem Worte Appretur zusammenfasst. Nicht selten erhöhen diese Arbeiten auch die Dauerhaftigkeit, mithin den inneren Werth der Sache.

Zu den Verschönerungsarbeiten rechnet Karmarsch das Abbeizen, Abbrennen, Gelbbrennen, Weissieden des Silbers, Färben des Goldes, das Schaben, Schleifen, Polieren, Gravieren, Guillochieren, das Aetzen, Verzinnen, Verzinken, Verkupfern, Vernickeln, Versilbern, Vergolden, Irisieren, Emaillieren, Einlassen mit Farben, Bronzieren, Brünieren, Schwärzen der Eisenwaaren, Anstreichen, Firnissen und Lackieren.

Bezüglich der speciellen Verfahren und Vorschriften (Recepte) sei auf Karmarsch's mechan. Technologie*) und sein wiederholt bezogenes Wörterbuch verwiesen, in welchen Werken Ausführliches gefunden werden kann; hier wird es genügen, die hauptsächlichsten Verfahren zu charakterisieren.

Das Abbeizen, Abbrennen, Gelbbrennen, Weissieden und Goldfärben sind nahe verwandte Operationen, bei welchen entweder Metalloxyde durch schwache Säuren (verdünnte Schwefelsäure u. a.) von der Oberfläche entfernt werden, wodurch die natürliche Farbe des Metalles zum Vorschein kommt, oder bei welchen sehr starke Gemische von Säuren und Salzen nach sehr

*) 5. Aufl., red. von Prof. Dr. Ernst Hartig, 6. Aufl., redig. von Prof. Herm. Fischer.

kurzer kräftiger Einwirkung der Messingwaare eine schöne Goldfarbe (Gelbbrennen), der Goldwaare aber ein Gelb mit einem Stiche ins röthliche, grünliche oder bläuliche geben, so dass die Bezeichnung Färben des Goldes zutrifft.

Das **Schaben, Schleifen** und **Polieren** ist der Hauptsache nach bereits früher besprochen worden; hier sind es keine Formänderungsarbeiten, sondern ihre Bestimmung ist die Appretur der Oberflächen; der Arbeitsvorgang ist aber wesentlich derselbe.

Das **Gravieren** und **Guillochieren** ist gleichfalls von früher bekannt. Letzteres wurde allerdings nur als eine mit der Drehbank verbundene Operation auf S. 503 erwähnt. Es kann hier bemerkt werden, dass zum Zwecke der Herstellung der mannigfachsten Linienverbindungen, zusammengesetzt aus Wellen-Geraden, Wellen-Ellipsen und Wellen-Kreisen, auch besondere Guillochiermaschinen in Anwendung stehen.

Das **Aetzen** wird als Verschönerungsarbeit auf Metall und Glas zum Zwecke der Hervorbringung matter Figuren auf glänzendem Grunde oder umgekehrt angewendet. Das Matt wird durch den Angriff einer Säure, bei Stahl verdünnter Salz- oder Salpetersäure, bei Glas der Flussäure, erzielt. Jene Theile, welche glänzend bleiben sollen, werden durch eine schützende Decke (Aetzgrund) vor der Einwirkung der Säure bewahrt.

Das **Verzinnen** und **Verzinken** erfolgt unter Beobachtung mannigfacher Vorsichten durch Eintauchen der gebeizten reinen Waare (Bleche etc.) in geschmolzenes Zinn und Zink, dessen Oberfläche durch Salmiak, Fett u. dgl. vor Oxydation geschützt sein muss.

Das **Verkupfern, Vernickeln, Vergolden, Versilbern** etc. erfolgt zumeist auf elektrolytischem Wege oder durch das galvanoplastische Verfahren. Der zu überziehende reine Metallgegenstand wird in eine Flüssigkeit gehängt, welche jenes Metall gelöst enthält, das den Ueberzug bilden soll. Diese Flüssigkeit darf den eingehängten Gegenstand nicht angreifen, beziehungsweise lösen. Ein schwacher elektrischer Strom wird durch die Flüssigkeit geleitet, derart, dass er von einer Metallplatte (**Anode**) durch die Flüssigkeit zum Gegenstande (**Kathode**) geht. Die Anode besteht aus jenem Metalle, welches in der Flüssigkeit gelöst ist und von welchem der Ueberzug gebildet werden soll. Die Anode löst sich beiläufig in jener Menge, als sich Metall an der Kathode abscheidet, so dass das Bad ziemlich constant bleibt.

Es gibt jedoch auch andere Methoden, gut haftende Ueberzüge edler Metalle auf minder edlen hervorzubringen, so die Feuervergoldung etc.

Emaillieren ist das Aufschmelzen eines leichtflüssigen, undurchsichtigen, meist gefärbten Glases, Email, auf Metallwaaren. Hiervon wird bei der Herstellung emaillierter Eisenblech- und Eisengussgeschirre, aber auch für Schmuckgegenstände Gebrauch gemacht. Von dem Email der Kochgeschirre verlangt man, dass es bleifrei sei und den Erhitzungen beim Kochen dauernd standhalte. Das Emaillieren verlangt Reinheit der Metalloberfläche, welche mit Email überzogen werden soll. Bei Emaillieren von Geschirren wird das feingepulverte Email mit Wasser zu einer dickflüssigen Masse angemacht und der zu emaillierende Gegenstand durch Eintauchen oder Ausschwenken mit Masse überzogen, welche nach dem Trocknen eingebrannt wird.

Man gibt zuerst das sogenannte Grundemail und sodann das Deckemail. Das Einbrennen oder Schmelzen des Emails findet in Muffelöfen statt.

Das Einlassen mit Farben ist ein Vorgang, welcher als Surrogat des Emaillierens bei Bronzeschmuck u. dgl. in der Weise angewendet wird, dass man mit Farbepulvern (Bleiweiss, Zinnober etc.) versetzten Copalfirniss in Vertiefungen der Waare einträgt und trocknen lässt.

Das Bronzieren soll Kupfer- oder Messingwaaren, Zink- oder Eisengüssen u. dgl. das Aussehen von Bronze ertheilen. Die diesbezüglichen Verfahren sind je nach dem zu bronzierenden Metalle sehr verschieden. Theils gibt man den Waaren Anstriche mit Oelfarben oder Firniss, welche vor dem völligen Trocknen mit Bronzepulver (Malerbronze, Brokatfarben) eingestaubt werden, theils wendet man mannigfache chemische Mittel an, welche zur Bildung von Metalloxyden Veranlassung geben und hierdurch die Farbe der Oberfläche verändern.

Das Brünieren des Eisens ist gleichfalls ein das Aussehen der Oberfläche verändernder chemischer Vorgang. Die Gewehrläufe werden z. B. durch Behandlung der polierten Oberfläche mit Chlor-Antimon schön geschwärzt.

Das Schwärzen der Eisenwaaren erfolgt durch Erhitzen der mit Leinöl, Theer etc. überzogenen Eisenwaaren auf etwa 350° C. Das Verfahren findet meist in einer zeitweise über Feuer erhitzten Pfanne, welche die Waare enthält, durch Schütteln und wiederholten Zusatz des Schwärzungsmittels statt.

Das Anstreichen, Firnissen und Lackieren ist bei den verschiedensten Waaren (Metall, Holz etc.) in Anwendung und hat grosse Bedeutung nicht nur für die Verschönerung, sondern auch für die Conservierung. Ueberstreicht man trockene ordinäre Holzwaare

mit heissem Leinölfirniss oder auch nur mit Leinöl, so verschönert man nicht nur das Aussehen, sondern schützt das Holz auch gegen den Einfluss der Feuchtigkeit. Der Anstrich der Waggons, der landwirthschaftlichen Maschinen und vieler Bauconstructionstheile dient wesentlich der Conservierung.

Ein correcter Anstrich verlangt erstens eine glatte Grundfläche, welche, wenn sie nicht schon vorhanden ist, als Vorarbeit gegeben werden muss, z. B. das Verstreichen aller Vertiefungen und Blasen eines Maschinenständers durch einen billigen Firnisskitt, welche Arbeit man das Spateln nennt; zweitens sollen die einzelnen Lagen der Anstreichfarbe gleichmässig und dünn sein und jeder folgende Anstrich ist erst anzubringen, wenn der frühere gut getrocknet ist. Ein besonders schöner Anstrich setzt mehrmaliges Ueberschleifen, d. i. Abschleifen der getrockneten Anstrichlagen mit geschlämmtem Bimsstein voraus, wodurch die Ungleichmässigkeiten, welche von den Pinselstrichen herrühren, beseitigt werden und der Anstrich volle Glätte und Gleichförmigkeit erlangt. Der schliessliche Lackanstrich muss in einem staubfreien Raum gegeben werden. Solche Anstriche weisen u. a. die besseren Waggons der Eisenbahnen auf.

Für die maschinenbauliche Praxis sind die Eisenanstriche von besonderer Bedeutung und es rechtfertigt sich, einen Auszug der chemisch-physikalischen Untersuchungen zu geben, welche Director J. Spennrath in den Verhandlungen des Vereines für Gewerbfleiss 1895 gegeben hat, meines Wissens ist dies auch die einzige wissenschaftliche Arbeit über dieses Gebiet. Spennrath hebt zunächst hervor, dass das Zusammenwirken von Sauerstoff und Wasser zur Rostbildung nothwendig ist, es muss der Sauerstoff vom Wasser absorbiert sein, damit benetzte Eisenwaare rostet. Kohlensäurehaltiges Wasser bildet zunächst Eisencarbonat und aus diesem entsteht Rost. Rost frisst weiter, weil er als poröse Masse Sauerstoff und Wasser durchlässt, ja auf sie verdichtend wirkt.

Die Oelfarben sind Gemenge von Pulvern, den Farbkörpern, mit gekochtem Leinöl (Leinölfirniss) als Bindemittel. Das Trocknen der Oelfarben ist nicht die Folge von Verdampfung, ebensowenig Folge von Verseifung des Bindemittels mit dem Farbkörper, sondern lediglich Folge des Festwerdens des Bindemittels durch Sauerstoffaufnahme, welche 13 bis 14% des Oelgewichtes beträgt. Verändert sich der Farbkörper für sich an der Luft, so verändert er sich auch im Anstrich. Die Oxydation des Leinöles beim Trocknen verhindert nicht die Oxydation des Farbkörpers, wenn er für sich allein die Neigung hat zu oxydieren.

Aus diesen Thatsachen folgt, dass manche Stoffe als Farbkörper benützt werden, welche hierzu nicht die nöthige Eignung haben.

So geht Zinkweiss im Freien in kohlensaures Zinkoxyd über, das Volumen wächst auf das Doppelte, der Zinkweissanstrich wird hierdurch zerstört.

Bleiweiss und Mennige verwandelt sich bei Einwirkung von Schwefelwasserstoff in Schwefelblei (schwarz); die bei Mennige auftretende Volumvermehrung zerstört den Anstrich. Bleiweiss und Mennige sind nur haltbar, wenn kein Schwefelwasserstoff schädlich einwirkt.

Als unbedingt haltbare Farbkörper sind zu nennen:

Graphit, Rebenschwarz, Eisenroth (Rotheisenstein), Schwerspat.

Spennrath untersuchte auch die Einwirkung verschiedener Agentien auf das getrocknete Leinöl, indem er sich Farbhäute dadurch herstellte, dass er auf dünnes Zinkblech gemachte Anstriche von Leinöl und Graphit nach erfolgter Trocknung durch Lösen des Zinkes abschied. Diese Farbhäute wurden durch 6 Monate der Einwirkung von Regenwasser, Seewasser, 10procentigen Lösungen von Kochsalz, Salmiak und Chlormagnesium und 5procentiger Schwefelsäure ausgesetzt und gefunden, dass die Einwirkung dieser Substanzen eine geringe ist. Nur bei Regenwasser betrug der Gewichtsverlust 10%. In wesentlich kürzerer Zeit bewirkte 5procentige Salzsäure einen 13procentigen Gewichtsverlust, während 5procentige Salpetersäure, sowie Essigsäure zerstörend, 1procentige Sodalösung, Ammoniak, Schwefelammonium und schweflige Säure auflösend auf die Farbhäute wirkten, letztere Agentien schon nach einigen Tagen.

Erwärmung macht die Farbhäute spröde, sie erhalten Luftrisse. Von zwei Anstrichen ist nach den Versuchen derjenige gegen Wärme haltbarer, dessen Farbkörper das geringere specifische Gewicht besitzt.

Weisser Anstrich schützt vor zu grosser Erwärmung durch die Sonne, so lange er nicht mit Staub bedeckt ist.

Bei angestrichenem Wellbleche wurde die Farbe dort rissig und löste sich ab, wo die Sonnenstrahlen direct Zutritt hatten, die übrigen Stellen blieben unversehrt. Um die Blasenbildung zu verhindern, soll der erste Anstrich ein magerer, der zweite ein fetter (mehr Firniss, weniger Farbkörper) sein. — Die Arbeit Spennrath's ist insbesondere auch deshalb von Werth, weil sie den Weg anzeigt, welchen derlei Untersuchungen einschlagen müssen.

Verwandt mit dem Lackieren ist das Politieren*) der feineren Holzwaaren, Möbel etc. Nach dem Einlassen der zu politierenden Oberfläche mit Leinöl, welches in Verbindung mit dem Abschleifen vor sich geht, wird alles an der Oberfläche vorhandene Leinöl sorgfältig mittelst trockener Pulver (Ziegelmehl oder dergleichen) wieder entfernt. Sodann reibt man mit einer Lösung von Schellack in Weingeist ein und setzt das Reiben so lange fort, bis Glanz (Politur) erhalten ist. Dieses Reiben findet unter schwachem Andruck mittelst eines Bauschens statt, welcher aus einem in Leinwand eingeschlagenen Schwamme (Lappen, Baumwolle) besteht, der mit Schellacklösung getränkt ist, während man die Aussenseite des Ballens mit etwas Baumöl einfettet, um den Reibungswiderstand zu vermindern. Man fährt abwechselnd in geraden und kreisförmigen Zügen über die Arbeitsfläche.

Statt des sonst üblichen Bestreichens mit dem Pinsel findet hier ein Aufreiben statt, wobei die Lackschicht feiner und gleichmässiger wird, aber viel Geduld und Mühe erforderlich ist.

Das Beizen des Holzes ist ein künstliches Färben und sind die angewendeten Mittel verwandt mit jenen, welche bei dem Färben pflanzlicher Faserstoffe zur Anwendung kommen. Es wird natürlich vor dem Politieren gebeizt. Durch das Politieren kann man aber auch noch die Farbe beeinflussen, denn man kann gefärbten Schellack zur Politur verwenden.

*) Mag auch dieses Wort von manchen durch das Wort Polieren ersetzt werden, so gebrauche ich dasselbe, dem Beispiele Karmasch's folgend, deshalb, weil es bezeichnend ist.

Anhang.

I. Bemerkungen über die Reihenfolge der Arbeiten bei der Herstellung bestimmter Erzeugnisse.

Die Reihenfolge der Arbeiten, welche bei Erzeugung von Industrieproducten auf mechanischem Wege einzuhalten ist, ist wegen der Mannigfaltigkeit der Fabricate und der zu ihrer Herstellung benützten Rohmaterialien überaus verschieden.

Im allgemeinen wird man trachten, schrittweise der verlangten Endform sich zu nähern, und es werden zunächst durch das Giessen, Schmieden, Treiben, Walzen, Ziehen, Sägen, Pressen etc. rohe Formen hergestellt, welche dann der weiteren Bearbeitung durch Feilen, Drehen, Bohren, Hobeln, Schleifen etc. unterworfen werden. Die Zusammenfügungs- und Verschönerungsarbeiten bilden den Schluss; nicht selten gehen die Verschönerungsarbeiten der Zusammenfügung voraus, denn in vielen Fällen ist das Ganze aus so mannigfachen und zahlreichen Theilen zusammengesetzt, dass die Einzeltheile ganz verschiedener Arbeiten zu ihrer Vollendung (Verschönerung) bedürfen.

Die Theilung der Arbeit ist so vorgeschritten, dass die Werkstätte in den seltensten Fällen ihre Rohmaterialien aus den Händen der Natur bezieht; in der Regel sind die Rohmaterialien die Fabricate anderer Fabriken. Die Hochöfen liefern Giessereieisen, die Walzwerke Stabeisen, Blech, groben Draht, die Eisenwerke grosse Schmiedestücke, die Sägewerke Pfosten und Bretter u. s. w. u. s. w.

Es bedarf ganz specieller Kenntnisse und Berücksichtigung der eigenen und der örtlichen ökonomischen Verhältnisse, um die Entscheidung zu treffen, von welchen Rohmaterialien oder Halbfabricaten bei einer speciellen Fabrication auszugehen ist, welche Arbeiten selbst besorgt, welche von anderen ausgeführt

werden sollen. So kann es für manche Maschinenfabriken ökonomisch vortheilhaft sein, die Rohgusstücke zu beziehen und nur deren Modelle selbst zu machen; andere beziehen die Zahnräder, fast alle die Armaturen für Kessel und Dampfmaschinen u. s. w. u. s. w.

Die Vorlesungen gaben einen Ueberblick über die wichtigsten technologischen Verfahren, aber keine Anleitung für die Herstellung specieller Fabricate, diese muss vom Specialisten andernorts gesucht werden.

Der Maschineningenieur wird in Prof. H. v. Reiche's Werk: „Die Maschinenfabrication. Entwurf, Kritik, Herstellung und Veranschlagung der gebräuchlichen Maschinenelemente", Leipzig 1869 und 1871, manche schätzbare Mittheilung und vielfache Anregung finden; ebenso ist das Werk von Ing. K. Specht „Die Massenfabrication im Maschinenbau" mit einem Anhange über die Arbeiten der Kesselschmiede, mit besonderer Berücksichtigung des hydraulischen Nietverfahrens, Berlin 1891, hervorzuheben. Ueber den Arbeitsvorgang bei anderen speciellen Fabrikszweigen müssen diesbezügliche Specialschriften nachgesehen werden und zur Erleichterung dürfte hierbei Abschnitt 3 dieses Anhanges dienen.

2. Bemerkungen über Maschinenpreise, Lieferzeit und Calculation.

Den Preis auf die Gewichtseinheit, z. B. auf 100 *kg* der fertigen Waare zu beziehen ist praktisch und führt am besten zu übersichtlichen Zahlen. Setzt sich auch der Preis aus den Kosten des Materials, dem Arbeitslohne, der Generalregie und dem Gewinne zusammen, so drückt sich doch die Summe dieser Einzelposten am übersichtlichsten aus, wenn man sie auf die Gewichtseinheit bezieht.

Die nachfolgenden Preise von Werkzeugmaschinen, bezogen auf 100 *kg*, haben ihre Wurzel in dem Kataloge einer der grössten deutschen Maschinenfabriken und zeigen die Abhängigkeit des Preises von der Grösse (Gesammtgewicht) der Maschine in weit höherem Masse als von der Art der Maschine.

In den Preislisten und Katalogen vieler industrieller Unternehmungen finden sich sehr schätzenswerthe Angaben und die Sammlung solcher Veröffentlichungen ist zu empfehlen.

Die jährlichen Reparaturkosten können bei Werkzeugmaschinen zu 3% des Anschaffungspreises angenommen werden.

Gattung der Werkzeugmaschine	Gesammtgewicht in Metercentnern = 100 *kg*	Preis pro 100 *kg* in Mark
Support-Drehbänke	5	210
	10	130
	26	86
	58	73
Plandrehbänke	114	67
	443	64
Hobelmaschinen	2·5	200
	20	100
	300	50
Stossmaschinen	7·5	100
	38	75
	180	66
Bohrmaschinen, freistehende	6	100
	60	65
Whitworth's Schraubenschneidmaschine	11	100
Fräsmaschinen	2·5	200
	27	130
Lochmaschine und Schere	16	66
Blechbiegemaschine	70	64
Naylor-Dampfhammer	65	90
	440	72
Ventilatoren	0·65	200
	10	80
Spiralbohrer, Schleifapparat	3	200
Hydraulische Presse	8	134
	600	50
Supports, kleine	—	340
Supports, grosse	—	120

Die Schmiedekosten für 100 *kg* mittelgrober Waare betragen für Brennmaterial etwa 3 fl. für Schmiedelohn 7 fl. 50 kr. ö. W., zusammmen demnach 10 bis 11 fl. (20 bis 22 Kronen).

Transmissionen werden pro 100 *kg* zu 35 fl. ö. W. veranschlagt.

Locomotiven werden pro 100 *kg* zu 67 bis 74 fl. ö. W. veranschlagt.

Zum Zwecke der Bestimmung der Lieferzeit vieler gleicher zusammengesetzter Fabricate, z. B. Waggons, ermittelt man die erforderlichen Gewichte für Schmiedearbeit, Holzarbeit etc. und dividiert diese Gewichte durch das Product aus Arbeiterzahl der betreffenden Branche mal Leistung pro Mann und Tag ausgedrückt in Gewicht. Man findet dadurch die Zahl der Tage, welche die einzelnen Abtheilungen zu Herstellung der Theilstücke benöthigen. Die grösste Zahl bestimmt das Minimum der möglichen Lieferzeit, welche sich jedoch in der Regel höher stellt, weil für Zusammenfügung (Montage) und Appretur eine erfahrungsmässige Zeit zugeschlagen werden muss.

Bezüglich der Preis-, Lohn- und Werthbestimmung gliedert Ingenieur Eug. Redl die Literatur in die Gruppen:

1. Calculation im allgemeinen; 2. Accordstellung und 3. Taxation oder Schätzung bestehender maschineller Einrichtungen.

Ueber Calculation im allgemeinen werden Blum, Calculation im Maschinenbau, Berlin 1881, und die autographierten Vorlesungen des Docenten Theod. Beck in Darmstadt hervorzuheben sein.

Ueber Accordstellung für Schmiedewerkstätten sind zu nennen: die Accordtabellen der königl. Eisenbahnwerkstätten in Witten, s. Petzhold, Fabrication, Prüfung und Uebernahme von Eisenbahnmaterial, Wiesbaden 1872, ferner Schmelzer, Notizen, Tabellen und Accorde aus dem Maschinenbau 1883; für Giessereiarbeiten Messerschmidt, Calculation in Giessereien 1886, und Beck's Vorlesungen; für die Arbeiten in Maschinenwerkstätten (Dreherei etc.) ist Cremer, Durchschnittspreise für Accordarbeiten in Maschinenfabriken 1889, und Richard Schulze, Grundlagen für das Veranschlagen der Löhne bei der Bearbeitung der Maschinentheile, Berlin 1891; für Schlosserarbeiten (Bank- und Montagearbeiten) die obenerwähnten Tabellen von Witten und die Werke von Messerschmidt und Schmelzer.

Für Taxation sind zu nennen: Joly, Technisches Auskunftsbuch, Jahrgang 1898, Neumann, Calculation für den Maschinenbau 1891, und die Kataloge der grösseren Maschinen-Agenturen und Maschinenfabriken, wie Schwarz, Wohanka, Sonnenthal, Selig, Schuchardt & Schütte u. a. m.

Die mechanische Technologie als solche hat sich mit ökonomischen Fragen nicht zu beschäftigen, aber an jeden, welcher die mechanische Technologie anwenden will, treten im industriellen Leben sofort ökonomische Fragen heran, deshalb dürften diese wenigen Bemerkungen berechtigt sein.

3. Die Auffindung technologischer Specialitäten in der Literatur.

Das Gebiet der mechanischen Technologie ist ein so tausendfältig verzweigtes, dass kein Werk dasselbe erschöpfend behandeln kann. Im Leben jedes Technikers wird sich aber das Bedürfniss zeitweise geltend machen, nach dieser oder jener besonderen Richtung sich eingehend zu unterrichten und dann werden die nachfolgenden Andeutungen Gebrauchswerth erlangen können.

Die technischen Encyklopädien, Wörterbücher oder Lexika von Prechtl, Karmarsch-Heeren, III. Aufl. (redigiert von Kick und Gintl), und Lueger werden in vielen Fällen nur zu allgemeiner Orientierung genügen.

Häufig wird sich das Bedürfniss nach Specialwerken einstellen, an welchen die technische Literatur sehr reich ist. Hier gibt „Seydel's Führer durch die neuere deutsche technische Literatur" guten Aufschluss. Von demselben erschienen 1898 die Gruppen: Mechanik und Maschinenkunde, mechanische Technologie. Textilindustrie und Färberei, Physik und Elektrotechnik, Bergbau und Hüttenkunde, Feuerungs- und Lüftungstechnik, Chemie und chemische Technologie.

Für die deutsche, englische und französische technische Journalliteratur gibt das ausgezeichnete Repertorium der technischen Journalliteratur von Bruno Kerl für die Jahre 1854 bis 1881, von Biedermann für 1882 bis 1885, von Rieth für 1886 bis 1894 und für die folgenden Jahre die Fortsetzung dieses Repertoriums durch das kaiserliche Patentamt in Berlin Aufschluss. Carl Heymanns Verlag, Berlin.

Für viele Fälle wird das Suchen in den Registern von Dingler's polytechn. Journal und jenen der Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure genügen. Seit Jahren ist der letzteren als Beilage eine Literaturschau angeschlossen.

Für zahlreiche Fälle muss jedoch auf die Hauptquelle, auf die Patentschriften, zurückgegangen werden. Will man diese benützen, so ist es erforderlich, die Classe zu kennen, in welche das Gesuchte eingereiht wurde. Deutschland, England und Amerika veröffentlichen die ertheilten Patente, insbesondere geschieht dies in technisch vorzüglicher Weise in Deutschland und England. Die österreichischen Privilegien können wohl im Patentamte (Handelsministerium) eingesehen und abgeschrieben werden, sie sind aber nicht gedruckt käuflich zu beziehen. Es wird daher in vielen Fällen das Studium der deutschen oder englischen Patente er-

forderlich sein; sie sind in vielen technischen Bibliotheken, z. B. an der technischen Hochschule in Wien, zugänglich.

Im Nachfolgenden ist die Eintheilung der deutschen Patente nach Classen angegeben.

Classe

1. Aufbereitung von Erzen.
2. Bäckerei.
3. Bekleidung.
4. Beleuchtung.
5. Bergbau.
6. Bier und Branntwein.
7. Blech und Draht.
8. Bleiche.
9. Borstenwaaren.
10. Brennstoffe.
11. Buchbinderei.
12. Chemische Apparate.
13. Dampfkessel.
14. Dampfmaschinen.
15. Druckerei.
16. Dünger.
17. Eis.
18. Eisenerzeugung.
19. Eisenbahn- und Strassenbau.
20. Eisenbahnbetrieb.
21. Elektrische Apparate.
22. Farbstoffe.
23. Fettindustrie.
24. Feuerung.
25. Flechtmaschinen.
26. Gasbeleuchtung.
27. Gebläse.
28. Gerberei.
29. Gespinstfasern.
30. Gesundheitspflege.
31. Giesserei.
32. Glas.
33. Reise- und Handgeräthe.
34. Hauswirthschaftliche Geräthe.
35. Hebezeuge.

Classe

36. Heizungsanlagen.
37. Hochbau.
38. Holz.
39. Horn.
40. Hüttenwesen.
41. Hutfabrication.
42. Instrumente.
43. Korbflechterei.
44. Kurzwaaren.
45. Landwirthschaft.
46. Luftmaschinen.
47. Maschinenelemente.
48. Metallbearbeitung, chemische.
49. Metallbearbeitung, mechanische.
50. Mühlen.
51. Musikalische Instrumente.
52. Nähmaschinen.
53. Nahrungsmittel.
54. Papiererzeugnisse.
55. Papierfabrication.
56. Pferdegeschirr.
57. Photographie.
58. Pressen.
59. Pumpen.
60. Regulatoren.
61. Rettungswesen.
62. Salinenwesen.
63. Sattlerei.
64. Schankgeräthe.
65. Schiffbau.
66. Schlächterei.
67. Schleifen.
68. Schlosserei.
69. Schneidwerkzeuge.

Classe
70. Schreibmaterialien.
71. Schuhwerk.
72. Schusswaffen.
73. Seilerei.
74. Signalwesen.
75. Soda.
76. Spinnerei.
77. Sport.
78. Sprengstoffe.
79. Tabak.
80. Thonwaaren.

Classe
81. Transport, Verladung.
82. Trockenvorrichtung.
83. Uhren.
84. Wasserbau.
85. Wasserleitungen.
86. Weberei.
87. Werkzeuge.
88. Wind- und Wasserkraftmaschinen.
89. Zuckerfabrication.

Obwohl die alphabetische Anordnung der Classen die Auffindung derjenigen Classe, in welche ein gesuchter Gegenstand fällt, erleichtert, kann doch zuweilen Zweifel eintreten und sind vorkommendenfalls zwei Classen nachzusehen, z. B. Classe 1 und 50, oder 24 und 36.

Für den Specialisten ist es von hervorragendem Werthe, dass der classenweise Bezug der Patentschriften im Abonnement durch das kaiserliche Patentamt in Berlin möglich ist.

Bei dem Studium der Patentschriften hat man sich gegenwärtig zu halten, dass die Beschreibung nicht selten an Klarheit viel zu wünschen übrig lässt, weil das Interesse des Patentbesitzers nicht dahin geht, dem Wettbewerber die Arbeit zu erleichtern. Der Patentbesitzer wünscht möglichst umfangreichen Schutz gegen Nachahmung und trachtet letztere nicht selten auch dadurch zu erschweren, dass er schwer verständlich beschreibt. Das Studium der Patentschriften setzt daher bedeutende Specialkenntnisse und Geduld voraus; es ist nur dem Fachmanne zu empfehlen, für diesen aber oft unentbehrlich.

4. Die Formulierung von Patentansprüchen.

Unter die Aufgaben, welche der Techniker nicht selten zu lösen berufen ist, gehört auch die Verfassung von Patent- oder Privilegienbeschreibungen, als deren wesentlichster Theil die Formulierung des Patentanspruches zu bezeichnen ist.

Bei allen Arbeiten formaler Natur fühlt sich der Techniker in der Regel befangen; die Erkenntniss einer Sache ist ihm weit interessanter, als die formal richtige, kurzgefasste, sprachliche Wiedergabe dieser Erkenntniss, die Definition; und doch, bei Formulierung eines Patentanspruches muss er definieren oder soll es wenigstens.

Man definiert einen Begriff durch die sprachliche, zusammenfassende Kennzeichnung der wesentlichen Merkmale des Begriffes. Dies für ein körperliches Gebilde (z. B. Maschine) oder für einen zeitlichen Vorgang (z. B. Verfahren) richtig zu thun, damit befasst sich eingehend das Werk Dr. Ernst Hartig's „Studien in der Praxis des kaiserlichen Patentamtes", Leipzig 1890.

Im Nachfolgenden gebe ich in gedrängter Form wesentliche, dieses Werk beherrschende Ideen.*)

Will man definieren, so muss man zuvörderst die wesentlichen Merkmale des zu definierenden Begriffes erkennen, den Begriff geistig durchschauen.

Ist der Begriff ein Sachbegriff, z. B. eine Maschine, so besteht derselbe aus Theilen und in der richtigen Zusammenfügung bilden diese Theile den Sachbegriff — die Maschine.

Die Theile oder Theilstücke können Merkmale, ja selbst wesentliche Merkmale des Begriffes sein, aber nicht alle Merkmale müssen Theilstücken entsprechen.

Ein ganz wesentliches Merkmal einer Feder ist ihre Elasticität, aber die Elasticität ist kein Theilstück.

Ein ganz wesentliches Merkmal der Locomotive ist es, dass die Reibung zwischen Triebrad und Unterlage die Fortbewegung der Locomotive bedingt, und diese Reibung ist kein Theilstück.

Wollte man die Locomotive so definieren, dass man sagt: Locomotive ist ein Wagen, auf welchem Feuerung, Kessel und Dampfmaschine derart angebracht sind, dass hierdurch Wärme in Arbeit umgesetzt werden kann, so wären in dieser Definition wohl alle Locomotiven enthalten, aber auch alle Locomobilen, überhaupt alle auf ein Wagengestelle gesetzten, aus der Verbindung von Feuerung, Kessel und Dampfmaschine bestehenden Maschinen, z. B. auch die Dampfspritzen, manche Dampfkrahne u. a.

Gewiss sind Feuerung, Kessel und Dampfmaschine wesentliche Theilstücke der gebräuchlichen Locomotive; man kann sie als Merkmale der Locomotive bezeichnen, aber sie sind nicht die einzigen und nicht die wichtigsten Merkmale.

Würde statt einer Dampfmaschine eine Gasmaschine zum Antriebe der Locomotive verwendet, so brauchte die so resultierende Maschine, wenn sie demselben Zwecke dient und diesen Zweck gleichfalls durch Vermittlung der kinematischen Reibung ihrer Triebräder oder durch Zahneingriff erreicht, keinen anderen Namen zu erhalten. Auch diese Maschine, obwohl ihr Feuerung, Kessel

*) Zuerst in den „Technischen Blättern" 1890, veröffentlicht.

und Dampfmaschine fehlt, kann Locomotive genannt werden, ja fällt in den Begriff dieses Wortes. Die Definition müsste aber eine wesentlich andere werden, als sie oben war.

Locomotive ist eine fahrbare Maschine, welche die Bewegung lebloser, als Theilstücke an ihr angebrachter Motoren durch Bethätigung mindestens eines Triebrades in eine rollende Bewegung ihrer selbst verwandelt, durch welche der Zug von Lasten erfolgen kann.

In dieser Definition sind auch die Berg- und Strassenlocomotiven eingeschlossen; Locomobilen jedoch ausgeschlossen.

Derjenige, welcher nur diese Definition kennt und noch keine Locomotive sah, wird sich gewiss keine solche Vorstellung bilden können, welche mit der gewöhnlichen Locomotive übereinstimmt; aber er wird bestimmte Anhaltspunkte gewonnen haben, vorkommendenfalls eine Locomotive als solche bestimmt zu erkennen, hingegen eine Locomobile oder eine Dampfspritze als nicht zu den Locomotiven gehörig zu bezeichnen.

Die Definition enthält die charakteristischen Merkmale des zu Definierenden, lässt hingegen die nicht wesentlichen Merkmale absichtlich beiseite. Insofern ist eine Definition im gewissen Sinne belehrender als eine Beschreibung, weil sie sofort allein nur das zur Abgrenzung des Begriffes Wesentliche behandelt. Eine Beschreibung kann es schwer vermeiden, auch unwesentliche, aber zum Baue des Ganzen erforderliche Theile zu erläutern. Je mehr die Beschreibung einer Maschine von dem Zwecke derselben ausgehend die Maschine für diesen Zweck gleichsam entstehen lässt, indem sie zuerst die zur Zweckerreichung unmittelbar erforderlichen Theile, hierauf erst die zur Gestaltung dieser Theile, zu ihrer entsprechenden Bewegung und zur Feststellung des Ganzen erforderlichen Nebentheile erörtert, um so vollkommener wird die Beschreibung; denn um so leichter wird der geistige Gehalt der Sache erkennbar. Eine solche Beschreibung ist geistig mit der Definition verwandt; aber in einem Streitfalle bildet sie doch darum keine formal sichere Entscheidungsgrundlage, weil hierfür die Scheidung des Wesentlichen und Unwesentlichen fehlt, demnach dem subjectiven Ermessen des Urtheilenden überlassen ist.

Es gibt Maschinenbeschreibungen, welche, vom Gestelle ausgehend, rein körperlich bis zur Beschreibung des kleinsten Details fortschreitend verfahren, so dass der Leser erst nach der ermüdenden Kenntnissnahme aller körperlichen Einzelheiten zur Kenntniss der Arbeitsweise — des Zweckes — gelangt. Solche Beschreibungen sind verfehlt; man soll vom Gedanken zur Ausfüh-

rung, nicht aber vom Gestelle durch alle Achsen, Hebel, Räder, Keile und Schrauben endlich erst zum Gedanken geführt werden.

Ebenso verfehlt sind jene Patentbeschreibungen, welche in gleicher Weise die rein körperliche Beschreibung der Erfindung geben und schliesslich in den Patentanspruch ausklingen: „Eine Maschine zum Zwecke (oder der Gattung) x, wie oben beschrieben."

Fragt man sich nun, was ist denn durch das Patent geschützt? so muss die Antwort wohl lauten: Geschützt ist die Maschine zum Zwecke x, wie selbe in der Patentbeschreibung beschrieben ist. Daraus aber folgt, dass eine Maschine für denselben Zweck x, wenn sie nicht so, nicht genau so gebaut ist „wie beschrieben", streng genommen auch nicht mehr geschützt sein kann.

Wie leicht ist es, ein solches Patent zu umgehen! Wie leicht ist es, einen oder mehrere nicht zum Wesen der Sache gehörige Theile anders zu wählen, ja die Form selbst ganz gewaltig zu ändern, ohne am Kern der Sache zu rühren. Den Patentumgehungen ist Thür und Thor geöffnet und den Patentstreiten auch.

Verwandt, aber in der Form noch verfehlter sind jene amerikanischen Patentbeschreibungen, welche nach der rein körperlichen Beschreibung der Erfindung ausklingen in den Patentspruch: Eine Maschine zum Zwecke x, bestehend aus den Theilen A, B, C, D, E, F, G etc., wie oben beschrieben und die Verbindungen dieser Theile, und zwar: $ABCDEF$, $ABCDEG$, $ABCDFG$, ... $BCDEFG$, $ABCDE$, $ABCDG$, ... $CDEFG$ u. s. w., also Dutzende, ja Hunderte von Combinationen dieser Theile.

Diese Patentansprüche machen wohl die Patentumgehung schwieriger, dafür bieten sie aber dem Processlustigen eine bequeme Handhabe, denn es kann sich bei verwandten Maschinen leicht eine finden lassen, welche zu ähnlichem Zwecke eine der patentierten Combinationen der Theile, z. B. die Combination $D\,E\,F\,G\,H$ enthält.

Für das technische Studium sind solche Patente höchst peinlich, für den Streitfall sind sie es nicht minder. Der Spitzfindigkeit öffnet sich ein weites Feld.

Die angeführten Verirrungen lassen sich darauf zurückführen, dass der zu beschreibende, beziehungsweise zu patentierende Gegenstand lediglich als Conglomerat von Theilstücken aufgefasst wird, als eine Summe substantiver Begriffe, welche alle anzuführen für nöthig gehalten wird.

Dadurch wird, wie Hartig hervorhebt, übersehen, dass gerade solche Merkmale, die nicht einem abtrennbaren Theilstücke, einer

im Umfange des Begriffes liegenden Einzelform entsprechen, z. B. der Arbeitsprocess einer Werkmaschine, die bedeutungsvolleren sind, welche dem Denkfähigen den eigentlichen Sinn des Gegenstandes aufhellen und ohne Schädigung der logischen Bestimmtheit den Allgemeinheitsgrad erhöhen, also die Tragweite (Umfang) des Patentes vergrössern.

Es gilt, bei einer Beschreibung wie bei einem Patentanspruche die technologische oder die technische Einheit des Begriffes klarzulegen, nicht aber zu verhüllen.

Klingt die Patentbeschreibung in einen Anspruch aus, welcher als Definition den Kern der Sache enthält, dann wird in Streitfällen die Entscheidung leicht sein. Der Anspruch wird um so umfassender sein, je weiter die Begriffsbestimmung gehalten ist, was durch wenige, aber charakteristische Merkmale zu geschehen hat. Je mehr Merkmale in die Definition aufgenommen werden, um so beschränkter wird der Umfang des Anspruches, um so leichter ist es anderen möglich, ausserhalb des geschützten Gebietes den gleichen Zweck durch andere Mittel zu erreichen.

Wäre z. B. in der oben gegebenen Definition der Locomotive, lautend: Die Locomotive ist eine fahrbare Maschine, welche die Bewegung lebloser, als Theilstücke an ihr angebrachter Motoren durch Bethätigung mindestens eines Triebrades in eine rollende Bewegung ihrer selbst verwandelt, durch welche der Zug von Lasten erfolgen kann — statt der Worte „durch Bethätigung mindestens eines Triebrades" gesetzt worden „durch Vermittlung der Pleuelstangen und mindestens eines Paares von Triebrädern", so würden manche Locomotiven für Zahnradbahnen und die Strassenlocomotiven ausgeschlossen sein.

Würde die Definition lauten: Die Locomotive ist eine fahrbare Maschine, welche die Bewegung einer auf ihr als Theilstück angebrachten Zwillingsdampfmaschine durch Bethätigung mindestens eines Triebräderpaares in eine rollende Bewegung ihrer selbst verwandelt, durch welche der Zug von Lasten erfolgen kann, so wären alle jene Locomotiven ausgeschlossen, welche mehr als zwei Dampfcylinder verwenden.

Es liegt in den Worten Hartig's: „Je mehr die Definition mit Aufzählung gestaltlicher Einzeltheile sich belastet, um so grössere Schwierigkeiten bereitet sie unserer Erkenntniss des wahren Wesens der mit ihr getroffenen Dinge" eine beachtenswerthe Wahrheit.

Zugleich gilt der Satz: Je mehr der Patentanspruch mit Aufzählung gestaltlicher Einzeltheile sich belastet, um so beschränkter wird der Umfang des Anspruches.

Rein constructive Varianten bekannter Dinge, welchen kein definierbarer neuer Gedanke zu Grunde liegt, verdienen keinen Patentschutz; ja derartige patentierte constructive Varianten hemmen nur die freie Thätigkeit des Constructeurs, welcher bei seinen Arbeiten stets in der Sorge sein muss, mit irgend welchen Patentansprüchen in Conflict zu gerathen.

Soll und muss auch das Patent in einen klar definierten Patentanspruch ausklingen, so darf doch andererseits die klare, auf wirklicher Formgebung begründete Beschreibung nicht fehlen.

Das Patent wird dem Erfinder nicht nur ertheilt, um das Erfinden zu lohnen, sondern wesentlich auch darum, den Fortschritt durch öffentliche Bekanntmachung der Erfindung, welche nach dem Ablaufe des Patentes ausgenützt werden kann, zu fördern. Aufrichtige Veröffentlichung ist daher die Gegenleistung des Erfinders für das Patent und seine Pflicht.

Die richtige Definition eines Begriffes setzt die Aufsuchung seiner wesentlichen Merkmale voraus, aber durchaus nicht die Aufsuchung aller Merkmale von Bedeutung. Wichtige Merkmale, welche nicht allen Objecten zukommen, die unter einen Begriff fallen, können zu Zwecken einer Eintheilung, Systematisierung des Begriffes verwendet werden.

Gerade dieser Theil des Hartig'schen Werkes hat eine weit über die Formulierung der Patentansprüche hinausgehende Bedeutung, er ist von hohem wissenschaftlichen und technischen Werthe, wie sofort aus dem folgenden Beispiele erkannt werden kann.

Die Eintheilung der Thonwaaren, welche bisher noch nicht in befriedigender Weise geschehen war, unternahm Hartig auf Grund weniger, aber charakteristischer Merkmale, wie wir glauben in unanfechtbarer Weise.

Die Grundmasse der Thonwaare kann mit Glasur überzogen werden oder nicht. Hierbei treten zwei substantivische Begriffe Thon und Glas, in Beziehung.

Die Grundmasse kann ferner wasserdicht oder nicht wasserdicht sein. Bezeichnet man alle jene Thonwaaren als dicht, bei welchen ein auf die Bruchfläche gebrachter Wassertropfen nicht früher verschwindet, als es durch die Verdunstung allein geschehen würde, und als undicht diejenigen, bei denen die Zeit des Verschwindens eines auf die Bruchfläche gebrachten Wassertropfens kleiner ist, als die Zeit der Verdunstung sein würde; so sind die adjectivischen Begriffe dicht und undicht klar gelegt, und es kann vorkommendenfalls das Vorhandensein der einen oder der anderen Eigenschaft mit Bestimmtheit ermittelt werden.

Als ein weiteres wichtiges Merkmal gilt bei den Keramikern die Farbe der Grundmasse oder des Bruches; insbesondere die weisse Farbe einerseits (wobei leichte Abweichungen ins Gelbliche und ins Bläuliche nicht berücksichtigt werden, so wie z. B. gebleichte Leinenwaare mit einem Stiche ins Gelbe oder Blaue doch als weiss bezeichnet wird) und die nicht weisse (gefärbte) andererseits. Daher sind auch diese adjectivischen Begriffe — weiss oder nicht weiss, farbig, — unterscheidende Merkmale.

Aehnlich der Glasur, dem Glase, tritt auch die Lackierung, der Lack, als substantivischer Begriff mit der Thonwaare in Beziehung, doch nicht so mannigfach, denn es werden nur undichte Thonwaaren lackiert.

Mit Berücksichtigung der Merkmale: glasiert, nicht glasiert — lackiert, nicht lackiert — dicht, undicht — weiss, gefärbt — lassen sich die Thonwaaren in nachstehende 9 Gruppen eintheilen, für welche Hartig die in Klammer beigefügten Bezeichnungen in Vorschlag bringt:

1. Unglasierte, undichte und farbiggebrannte Thonwaaren z. B. Mauerziegel, Drainröhren, Terracotten (Irdenwaare).

2. Unglasierte, undichte, farbig gebrannte aber lackierte, Thonwaare — Siderolith, mit Lackfarben bemalte Terracotten (Lackwaare).

3. Unglasierte, undichte, weissgebrannte Thonwaaren, z. B. Kölner Thonpfeifen, Thonzellen für galvanische Elemente (Verglühgut).

4. Glasierte, undichte, farbiggebrannte Thonwaaren, z. B. glasierte Töpferwaare, Delfter Waare, Fayence, Majolika (Schmelzwaare).

5. Glasierte, undichte, weissgebrannte Thonwaare (Steingut).

6. Unglasierte, dichte, farbiggebrannte Thonwaare, z. B. Klinker, Wedgwood, Chromolith (Klinkerwaare).

7. Glasierte, dichte, farbiggebrannte Thonwaare, z. B. glasiertes Steinzeug (Steinzeug).

8. Unglasierte, dichte, weissgebrannte Thonwaaren (Biscuit-Porzellan).

9. Glasierte, dichte, weissgebrannte Thonwaare (Glasur-Porzellan)

Mehr Gruppen, welche auf den erwähnten, zur Grundlage der Eintheilung genommenen Merkmalen beruhen würden, gibt es nicht, weil einerseits derzeit die Anwendung von Lackierung nur auf undichte Thonwaaren farbiger Grundmasse üblich ist, andererseits Combinationen contradictorischer Begriffe als dicht und

undicht, glasiert und unglasiert, weiss und farbig ausgeschlossen sind.

Die gemachte Eintheilung lässt sich auch graphisch dem Verständnisse nahelegen. Bezeichnet man den substantivischen Begriff Thonwaare durch einen Kreis, so dass alle innerhalb der Kreislinie liegenden Punkte die sämmtlichen Thonwaaren repräsentieren und durch einen zweiten, den ersten schneidenden Kreis sämmtliche Glasmassen, so kann das Bogenzweieck, dessen Punkte beiden Kreisen angehören, die Verbindung von Thon und Glas, d. h. die glasierte Thonwaare vorstellen.

Bezeichnet ein Kreis abermals den substantivischen Begriff Thonwaare, so kann dieser Kreis durch eine Gerade in zwei Theile getheilt werden, und es kann der eine Theil die undichten, der zweite Theil die dichten Thonwaaren bedeuten. Ganz ebenso kann durch eine zweite Gerade, entsprechend den adjectivischen Begriffen weiss und gefärbt, die Theilung des Kreises erfolgen.

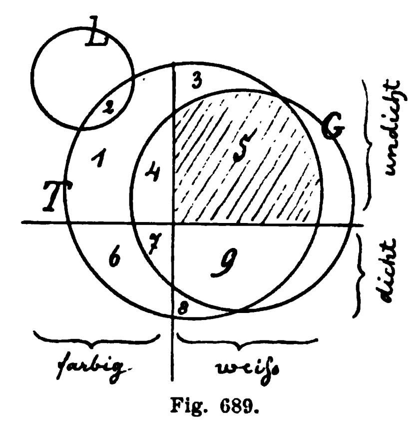


Fig. 689.

Für den substantivischen Begriff Lack wird man ebenfalls einen Kreis verwenden können, doch derselbe darf den Kreis für die Thonwaaren nur in jenem Theile übergreifen, welcher der farbigen und undichten Thonwaare entspricht, weil andere Thonwaaren nicht lackiert werden.

Durch Zusammenzeichnen dieser bildlichen Darstellungen erhält man Fig. 689. Aus derselben ist ersichtlich, dass der Kreis *T* durch die Kreise *G* und *L* und die beiden Geraden in neun Theile getheilt ist. Jeder Theil oder jedes Feld entspricht einer gewissen Thonwaaren-Gruppe.

Die Felder 1, 3, 6 und 8 entsprechen den nicht glasierten und nicht lackierten Thonwaaren, denn sie liegen ausserhalb des Kreises *G* (Glas) und ausserhalb des Kreises *L* (Lack).

Die Felder 4, 5, 7, 9 entsprechen den glasierten Thonwaaren. Alle oberhalb der horizontalen Linie liegenden Felder entsprechen den undichten Thonwaaren, die unterhalb liegenden den dichten.

Die Felder sind mit denselben Ziffern bezeichnet, welche oben bei der Eintheilung der Thonwaaren die Gruppen numerierten. An einem Felde, z. B. dem Felde 4 sei der Vergleich durchgeführt. Alle Punkte dieses Feldes entsprechen glasierter, undichter farbig-

gebrannter Thonwaare, denn sie liegen innerhalb *T* und *G* über der horizontalen Geraden und links von der verticalen Geraden.

Derlei graphische Betrachtungen erleichtern die Uebersicht und verhindern das Uebersehen einer Combination.

Der Werth folgerichtiger Anwendung wohlbekannter Merkmale ist an diesem Beispiele (der Classification der Thonwaaren) schön ersichtlich.

Wären die ersten acht Gruppen bereits bekannt, die letzte, das Glasurporzellan aber noch nicht, dann könnte der Patentanspruch lauten: Eine Thonwaare mit dichter, weissgebrannter Grundmasse, versehen mit Glasur. Natürlich müsste die Patentbeschreibung über die Herstellung dieses Fabricates Aufschluss geben, aber für den Erfinder würde es nicht nur genügen, den Anspruch in obiger Weise kurz zu fassen, sondern es hätte gerade die Kürze und Bestimmtheit des Anspruches den grossen Werth, eine Umgehung desselben und dadurch des Patentschutzes hintanzuhalten.

Mit Hartig wird wohl jeder Techniker darin übereinstimmen, „dass die Kunstsprache einer Wissenschaft ausser Stande ist, dem allgemeinen, oftmals systemlos verfahrenden Sprachgebrauche bis in alle Zufälligkeiten zu folgen", es muss also Aufgabe der Wissenschaft sein, für die Worte des Sprachgebrauches, unter thunlichstem Anschlusse an denselben, Begriffsbestimmungen (Definitionen) festzustellen, ohne davor zurückzuschrecken, eventuell auch mit dem Sprachgebrauche in Widerspruch zu kommen.

Für die Definition zahlreicher technischer Erfindungen ist es nöthig zu wissen, ob die zu definierende Erfindung ein Werkzeug oder eine Maschine oder ein Instrument etc. ist; die Festlegung dieser Grundbegriffe ist daher nöthig.

Hartig stellt folgende Definitionen auf, betreffs deren Begründung auf sein Werk verwiesen werden muss:

Werkzeug ist ein körperliches Gebilde, welches an einem anderen Körper (Werkstoff, Werkstück), denselben berührend, dessen Gebrauchswerth unter Umsetzung mechanischer Arbeit abändern hilft, ohne hierbei im Werkstücke selbst aufzugehen oder auf andere Art zu fortgesetzter Bethätigung unfähig zu werden (z. B. Messer, Meissel, Axt etc.).

Triebzeug ist ein lebloses körperliches Gebilde, welches von einem dasselbe berührenden, überflüssig energiebegabten anderen Körper mechanische Arbeit unter Ausführung solcher Bewegungen empfängt, die zur Bethätigung eines Werkzeuges geeignet und bestimmt sind (z. B. das Fäustel, der Bohrbogen etc.).

Die beiden Begriffe Werkzeug und Triebzeug übergreifen sich mannigfach. Ein Werkzeug kann als Triebzeug gebraucht werden, z. B. der Hammer zur Bethätigung eines Meissels, oder ein Werkzeug kann gleichzeitig Triebzeug sein, denn es besteht aus dem eigentlichen Werkzeuge und der dasselbe leitenden Fassung (Triebzeug), so der Hobel aus dem Eisen und dem Hobelkasten.

Die Sonderung der beiden Begriffe Werkzeug und Triebzeug empfiehlt sich aber doch, denn sie liefert grössere Klarheit. Es ginge nicht wohl an, Dinge, wie den Bohr- oder Fiedelbogen als Werkzeug zu bezeichnen.

Mechanismus ist ein künstliches, körperliches Gebilde, welches innere*) Bewegungen zulässt, die vermöge der Gestalt und Widerstandsfähigkeit sich berührender, ihm selbst ausschliesslich angehöriger Oberflächen eindeutig beschränkt sind.

Leerlauf ist derjenige Thätigkeitszustand eines Mechanismus, bei welchem die eingeführte mechanische Arbeit durch die inneren Bewegungswiderstände aufgezehrt wird.

Arbeitsgang ist derjenige Thätigkeitszustand eines Mechanismus, bei welchem von der eingeleiteten mechanischen Arbeit ein Ueberschuss zu weiterer Verwendung nach aussen abgegeben wird.

Von Hartig etwas abweichend füge ich bei:

Getriebe ist ein Mechanismus bestimmt für den Leergang.

Maschine ist ein Mechanismus bestimmt für den Arbeitsgang.

Das eingehende Studium des Hartig'schen Werkes kann jedem Techniker aufs wärmste empfohlen werden.

---

*) Statt der Worte „innere Bewegungen" dürften sich die Worte „Relativbewegungen seiner Theile" empfehlen, weil der Physiker mit inneren Bewegungen ganz andere Vorstellungen verknüpft.

Register.

42*

Berichtigungen.

Seite 21 ist Fig. 38 verkehrt eingesetzt.
Seite 32, Zeile 14 von unten, statt: Ist z. B. für $\varphi = 5^1/_2{}^\circ$ . . . lies: Ist z. B. für $\varphi =$ [illegible] und $\delta = 1$ mm.
Seite 53, Zeile 20, statt: Feinheit lies: Reinheit.
Seite 157, Zeile 5 von unten, statt: Withworth lies: Whitworth.
Seite 182, Zeile 2 und 3 ist dahin richtig zu stellen, dass solche Legierungen von der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt vormals Roessler in Frankfurt am Main bezogen werden können.
Seite 352 ist Fig. 337 gestürzt eingesetzt.
Seite 426 sollte unter Fig. 426 statt „Kettencylinder" das Wort „Kettenglieder" stehen.
Seite 446, Zeile 11, statt: landrehen lies: plandrehen.
Seite 490, Zeile 25, statt: im Anhange lies: auf Seite 583.

Im gleichen Verlage sind ferner erschienen:

Kratzert, Prof. H., **Grundriss der Elektrotechnik für den praktischen Gebrauch, für Studirende der Elektrotechnik und zum Selbststudium.**

I. Theil. I. Buch: 2. Aufl. Elektricitätslehre mit besonderer Berücksichtigung der praktischen Nutzanwendungen, Wechselströme und Masse. 1899. Mit 177 Abb. Unter der Presse.

I. Theil. II. Buch. 2. Aufl. Messungen, Elektrische Maschinen und Motoren für Gleichstrom, sowie für ein- und mehrphasigen Wechselstrom. 1899. Mit zahlreichen Abbildungen. Unter der Presse.

II. Theil. Transformatoren, Accumulatoren, elektrische Beleuchtung und Kraftübertragung mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Eisenbahnen. 1895. Mit 281 Abbildungen. fl. 4.80. M. 8.—

Mansfeld, Dr. M., **Die Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel, sowie einiger Gebrauchsgegenstände.** Leitfaden für den Unterricht und Hilfsbuch für die Ausübung der Nahrungsmittel-Controle im Laboratorium. 1897. Mit 24 Abb. fl. 2.—. M. 3.40

Meyerhoffer, Dr. W., **Die Phasenregel und ihre Anwendungen.** 1893. Mit 18 Holzschn. fl. —.90. M. 1.50

Mikolaschek, Prof. Karl, **Mechanische Weberei.** Erweiterter Separatabdruck des Artikels „Weberei, mechanische" aus dem X. Bande von Karmarsch-Heeren's Technologischem Wörterbuche, 3. Aufl. 1892. Mit 52 Fig. fl. —.60. M. 1.20

Milla, Karl, **Die Flugbewegung der Vögel.** 1895. Mit 27 Abb. fl. 2.—. M. 3.60

Moshammer, Prof. Karl, **Lehrtext für Mechanik.** Für höhere Gewerbeschulen bearb.

I. Theil: Kräfte im Raume, Elasticitäts- und Festigkeitslehre. 1890. Mit 3 Tafeln. fl. —.90. M. 1.60

II. Theil: Geometrische Bewegungslehre. Dynamik fester Körper. 1892. Mit 4 Taf. fl. 1.30. M. 2.40

III. Theil: Hydromechanik. 1898. Mit 100 Abbildungen. fl. 1.20. M. 2.—

Ohm, Dr. G. S., **Die Galvanische Kette mathematisch bearbeitet.** Neudruck mit einem Vorwort von Dr. James Moser. 1887. fl. 1.80. M. 3.—

Pechan, Prof. J., **Anleitung zur Ablegung der Heizerprüfung** (Prüfung der Dampfkesselwärter) für Dampfkesselheizer oder Dampfkesselwärter, Dampfmaschinenwärter, Kleingewerbetreibende etc. 2. vermehrte und verbesserte Aufl. 1897. cart. fl. —.90. M. 1.50

Pechan, Prof. J., **Anleitung zur Ablegung der Maschinenwärterprüfung** (Prüfung der Wärter von Dampfmaschinen) für Maschinenwärter im allgemeinen und insbesondere für Wärter von stationären und locomobilen Dampfmaschinen und für Kleingewerbetreibende. 1894. fl. —.60. M. 1.20

Pechan, Prof. J., **Berechnung der Leistung und des Dampfverbrauches der Zweicylinder-Dampfmaschinen** mit zweistufiger Expansion (Zweifach-Expansion-Dampfmaschinen, Verbundmaschinen, Compoundmaschinen, Tandemmaschinen, Woolf-Receivermaschinen, Woolf-Compoundmaschinen. 1898. Mit 14 Fig. und 48 Tabellen. fl. 4.80. M. 8.—

Pechan, Prof. J., **Leitfaden des Dampfbetriebes** für Dampfkesselheizer und Wärter stationärer Dampfmaschinen, sowie für Fabriksbeamte und Industrielle. 4. verbesserte und vermehrte Aufl. 1896. Mit 150 Abb. fl. 1.60. M. 2.80

Pechan, Prof. J., **Leitfaden der Elektromaschinentechnik** mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Beleuchtung, für Vorträge, sowie zum Selbststudium für angehende Elektrotechniker, Maschinenwärter, Mechaniker, Monteure elektrischer Beleuchtungsanlagen, Werkmeister und technische Beamte industrieller Etablissements. 1891. Mit 144 Abb. fl. 2.—. M. 3.60

Pechan, Prof. J., **Leitfaden des Maschinenbaues** für Vorträge, sowie zum Selbststudium für angehende Techniker, Maschinenzeichner, Constructeure und technische Beamte industrieller Etablissements.

Erste Abtheilung: Maschinen zur Ortsveränderung, Pressen und Accumulatoren. 4. verbesserte und vermehrte Aufl. 1898. Mit 125 Fig. im Text und 33 Figurentafeln. fl. 5.40. M. 9.—

Zweite Abtheilung: Motoren. 3. verbesserte und vermehrte Aufl. 1895. Mit 305 in den Text gedruckten Holzschn. und 74 Figurentafeln. fl. 8.—. M. 14.—

Dritte Abtheilung: Werkzeugmaschinen und Transmissionen. 2. verbesserte und vermehrte Aufl. 1898. Mit 21 Fig. im Text und 41 Figurentafeln. fl. 5.40. M. 9.—

Rusch, Prof. M., **Sammlung von Aufgaben für das gewerbliche Rechnen** an Werkmeister-, Handwerker- und gewerblichen Fortbildungsschulen 1898. cart. fl. —.50. M. —.90

Im gleichen Verlage sind ferner erschienen:

Rusch, Prof. M., **Tabelle zur einfachen Berechnung der Wechselräder für alle auf Leitspindeldrehbänken vorkommenden Gewindesteigungen.** 1895. fl. 1.20. M. 2.—

Sahulka, Dr. Johann, **Ueber Wechselstrom-Motoren mit magnetischem Drehfelde (Drehstrom-Motoren).** Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein in Wien. 1892. Mit 38 Fig. fl. —.80. M. 1.40.

Schmid, Prof. H. **Die modernen Marmore und Alabaster.** Deren Eintheilung, Entstehung, Eigenschaften und Verwendung nebst einer Uebersicht der wichtigsten Marmorsorten. 1897. fl. 1.—. M. 1.80

Schmidt, Doc. M. v., **Anleitung zur Ausführung agriculturchemischer Analysen.** Zum Gebrauche für landwirthschaftliche Unterrichtsanstalten. 1892. Mit Abb. cart. fl. 1.—. M. 1.80

Schmidt, Doc. M. v., **Einführung in die qualitative chemische Analyse.** Vornehmlich zum Gebrauch für landwirthschaftliche Unterrichtsanstalten. 1896. Mit 6 Tabellen. fl. 1.50. M. 2.50

Schmidt, Doc. M. v., **Agrochemische Uebungen.** Zum Gebrauche für landwirthschaftliche Unterrichtsanstalten. 1896. fl. 2.—. M. 3.40

Schreiber, Joh. Max., **Die Stenographie.** Lehr- und Uebungsbuch der deutschen Redezeichenkunst nach dem System Gabelsberger für den Schul- und Selbstunterricht.
- I. Wortbildungslehre. 1898. fl. —.40. M. —.70
- II. Wort- und Satzkürzungslehre. 1898. fl. —.60. M. 1.—

Smolka, Prof. Al., **Lehrbuch der anorganischen Chemie für gewerbliche Lehranstalten.** 1895. Mit 6 Abb. Ausgabe für Oesterreich geb. fl. 2.80
Ausgabe für Deutschland brosch. M. 5.—

Steiger, Prof. Dr. E., **Einführung in das chemische Practicum** für den Unterricht an höheren Lehranstalten, sowie zum Selbststudium. 1898. Mit 23 Fig. fl. 1.20. M. 2.—

Stricker, Prof. Dr. S., **Ueber strömende Elektricität.**
- Erste Hälfte. 1892. fl. 1.50. M. 2.50
- Zweite Hälfte. 1894. fl. —.75. M. 1.25

Tait, Prof. P. G., **Wärmelehre.** Autorisirte deutsche Ausgabe, besorgt von Dr. Ernst Lecher. 1885. Mit 83 Holzschn. fl. 4.80. M. 8.—

Tapla, Prof. Theodor, **Geodätische Constructionen und Berechnungen.** Directiven für die Herstellung kleinerer geodätischer Elaborate aus Felddaten und für die Berechnung einfacher Dreiecks-Systeme. 1895. Mit 14 lithograph. Tafeln. fl. 1.80. M. 3.—

Tapla, Prof. Theodor, **Die Messtisch-Praxis.** Leitfaden für eine rationelle Durchführung der wichtigsten Messtisch-Operationen. 1896. Mit 5 lithograph. Tafeln. fl. —.90. M. 1.50

Thomson, Prof. Elihu, **Was ist Elektricität?** Aus dem Englischen übersetzt von Heinrich Discher. 1890. Mit 18 Fig. im Texte. fl. —.60. M. 1.—

Wegscheider, Dr. Rud., **Zur Regelung der Nomenclatur der Kohlenstoffverbindungen.** 1892. fl. —.30. M. —.60

Weselsky, Prof. Dr. P., und **Benedikt,** Dr. R., **30 Uebungsaufgaben als erste Anleitung zur quantitativen Analyse.** 2. Aufl. 1892. Mit 9 Fig. cart. fl. —.75. M. 1.25.

Zipser, Prof. Julius, **Apparate, Geräthe und Maschinen der Wäscherei, Bleicherei, Färberei, Garn- und Zeugdruckerei.** Ein Leitfaden für den Unterricht an Textil-, Gewerbe- und technischen Hochschulen, sowie zum Selbstunterrichte. Mit einem Atlas, enthaltend 188 Originalzeichnungen auf 188 Tafeln. 1894. cart. fl. 4.80. M. 8.—

Zipser, Prof. Julius, **Die textilen Rohmaterialien und ihre Verarbeitung zu Gespinsten.** (Die Materiallehre und die Technologie der Spinnerei.) Ein Lehr- und Lernbuch für textile, gewerbliche und technische Schulen, sowie zum Selbstunterrichte. Auf Grund des Normal-Lehrplanes und der Instruction für den technologischen Unterricht an k. k. Webeschulen.
- I. Theil: Die textilen Rohmaterialien. (Die Materiallehre.) 1885. Mit 23 Originalzeichnungen im Texte. fl. —.72. M. 1.20
- II. Theil: Die Verarbeitung der textilen Rohstoffe zu Gespinsten. (Die Technologie der Spinnerei.) Erste Hälfte: Die Verarbeitung der pflanzlichen Rohstoffe. 1897. Mit 144 Originalzeichnungen im Texte. fl. 2.—. M. 3.50

K. u. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme in Wien.

